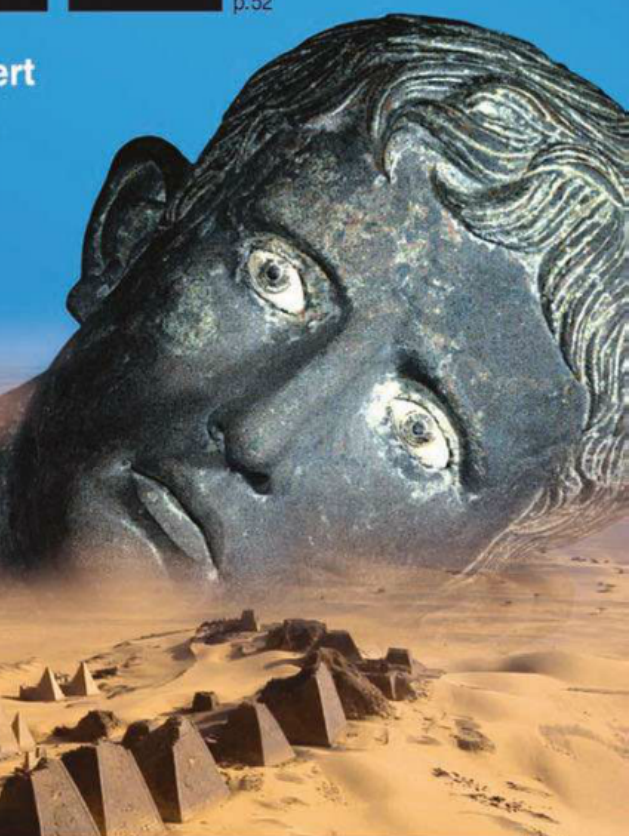
SCIENCESETAVENIR.FR

SCIENCES ET AVENIR

MORT DES ABEILLES ET PESTICIDES
DEUX NOUVELLES ÉTUDES CHOCS p.8

Méroé
L'EMPIRE QUI DÉFIA ROME p.52

- D'incroyables pyramides du désert
- La langue méroïtique décryptée par un nouveau "Champollion"

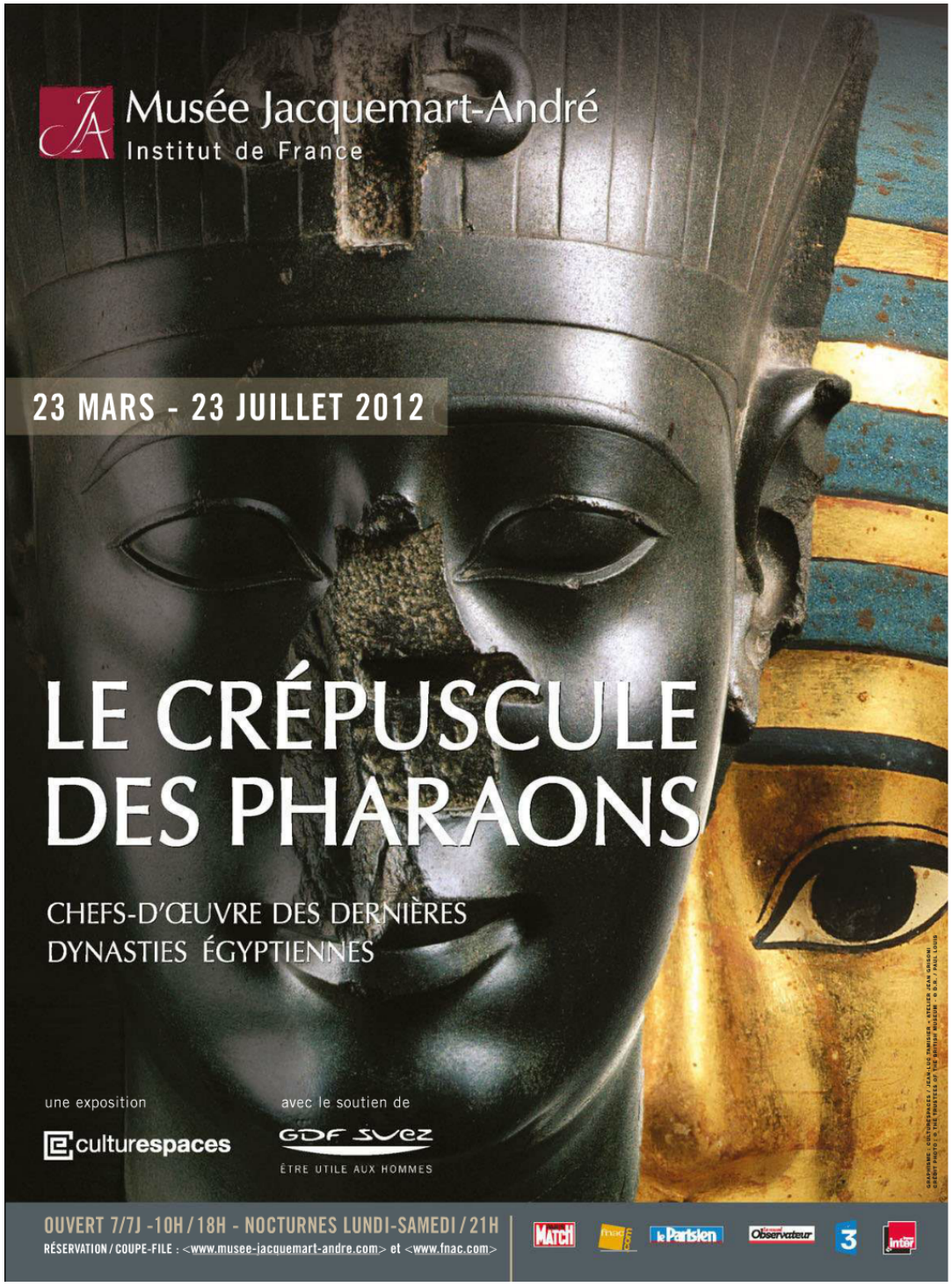


Télescope géant
LA PROCHAINE CHASSE AU TROU NOIR p.80

Cellules souches
QUAND LES DENTS REPOUSSERONT p.72

MAI 2012 - N° 783 - 4€

© VEYTALBIZ/FOTOLIA - PHOTOMONTAGE : BERNADETTE ARNAUD - ASHRAF SHAZLY/AFP - BRITISH MUSEUM (THE)/RMN - SFDAS / R.-P. DIESAUX



Sciences et Avenir
33, rue Vivienne 75083 Paris cedex 02
Tél. : 01.55.35.56.00. Fax : 01.55.35.56.04.
e-mail :redaction@sciences-et-avenir.com
Site Internet : sciencesetavenir.fr

Directrice de la rédaction
Dominique LEGLU 56.02
Rédactrices en chef
Carole CHATELAIN 56.57
Aline KINER (hors-série) 56.42
Rédactrices en chef adjointes
Claire CARRARD **(édition)** 56.10
Andreina DE BEI **(photo-iconographie)** 56.31
Secrétaire générale de la rédaction
Véronique MESSAGER 56.18
Chefs de service
Rachel MULOT (enquêtes) 56.07
Mathieu NOWAK (actualités, rendez-vous) 56.38
Adjoint au chef de service
Hervé RATEL (actualités) 56.45
Chefs de rubrique
Azar KHALATBARI (fondamental, sciences de la Terre) 56.46
Sylvie RIOU-MILLOT (médecine, santé) 56.54
Rédaction
Bernadette ARNAUD grand reporter (archéologie, histoire) 56.44
Olivier HERTEL (technologies, futur, décryptage) 56.03
Cécile MICHAUT (chimie, nouveaux matériaux) 56.27
Sylvie ROUAT (espace, astronomie) 56.40
Elena SENDER grand reporter (biologie, neurosciences) 56.43
Collaborateurs : Yves BLANC, Guillaume CANNAT, Loïc CHAUVEAU, Marie-Noëlle DELABY, Florence LEROY, Pierre MIQUEL, Henri-Pierre PENEL
Ont collaboré à ce numéro : Jérôme CHAMPAVERE, Clément DELORME, Arnaud DEVILLARD, Emilie GILLET, Pierre KALDY, Claire LECŒUVRE
Secrétariat de rédaction
Frank MIETTON 56.17 (1re secrétaire)
Maquette
Dominique PASQUET (direction artistique, conception) 01.44.88.35.51
Yves CLAVEL (directeur artistique) 56.22
Thalia STANLEY (directrice artistique adjointe) 56.21
Horia BAHRI 56.19, Jean-Louis GILABERT 56.28
Photo-iconographie
Isabelle TIRANT 56.32
Illustration
Sylvie DAOUDAL 56.20, Betty LAPON 56.37
Photogravure
Karine HUET 56.25
Documentation
Isabelle DO O'GOMES (chef de service) 56.49,
Astrid SAINT AUGUSTE 56.48
Renseignements aux lecteurs, vente au numéro Isabelle RUDI-HOUET 01.55.35.56.50/56.30. courrier-lecteurs@sciences-et-avenir.com.
Informatique : Daniel DE LA REBERDIERE 56.06
Gestion : Agnès LE BOUCHER 56.16
Comptabilité
Marie-Claude BOUDET 56.12, Tania MINISTRO 56.14,
Nathalie TSEHIN 56.13
Assistante de direction
Valérie PELLETIER 56.01

Abonnements : 01.40.26.86.11
142, rue Montmartre, 75103 Paris cedex 02
abonnements@sciences-et-avenir.com

Publicité
MediaObs. 44, rue Notre-Dame-des-Victoires 75002 Paris
Tél. : 01.44.88.97.70. Fax : 01.44.88.97.79.
Pour joindre par téléphone votre correspondant, composez le 01.44.88 suivi des 4 chiffres qui figurent entre parenthèses à la suite de son nom.
Pour adresser un e-mail à votre correspondant, l'initiale du prénom puis son nom suivi de @mediaobs.com.
Directrice générale
Corinne ROUGÉ (93.70) assistée de Marie-Noëlle MAGGIE (93.70)
Directeur de publicité adjoint : Sylvain MORTREUIL (97.75)
Responsable Web : Romain COUTRIE (89.25)
Assistante commerciale : Séverine LECLERC (97.57)
Exécution : Nicolas NIRO (89.26)
Administration des ventes : Caroline HAHN (97.58)

Ventes
Directeur commercial
Jean-Claude ROSSIGNOL 01.44.88.35.40
Directrice commerciale adjointe
Paule COUDERAT 01.44.88.34.55
Directeur des ventes
Valéry SOUBEAU
Directeur des abonnements
Philippe MENAT 01.44.88.35.02 assisté de Lina QUACH 34.54
Relations extérieures
France ROQUE 01.44.88.35.79
Sciences et Avenir SAS
Président : Claude PERDRIEL
Directeur de la publication : Claude PERDRIEL
Vente au numéro, **33, rue Vivienne, 75002 Paris**. Tél. : 01.55.35.56.00. Fax 01.55.35.56.04. Les abonnements et réabonnements doivent être adressés à Sciences et Avenir, Service abonnements, 142, rue Montmartre, 75002 Paris. Tél. : 01.40.26.86.11. Tarif des abonnements : France, 1 an simple (12 numéros) : 35 €. 1 an complet (12 numéros + 4 hors-séries) : 48 €. Tarifs pour les pays étrangers sur demande.
Multimédia : ID OBS, 10-12, place de la Bourse, 75002 Paris. Tél. : 01.44.88.34.34.
Imprimerie SEGO-Taverny. Distribution Presstalis
Les noms et adresses de nos abonnés sont communiqués aux organismes liés contractuellement avec Sciences et Avenir, sauf opposition. Dans ce cas, la communication est limitée au service de l'abonnement. Ce numéro comprend une enveloppe Pixel Voyages, un encart Allier Bain de France, et un tout-en-un Chemises Françoises joint sur une partie de la diffusion de abonnés, un encart Playbac et un catalogue Objet distancé joint sur une partie.
Copyright Sciences et Avenir. Commission paritaire n° 0613 K 79712. ISBN 0036936.
Directeur par NMPP. Photogravure : PCH, 10-12, place de la Bourse 75002.
OJD PRESSE PAYANTE 2010
MARC HENEAU/BSPHOTO

B. MARTINEZ

DOMINIQUE LEGLU
Directrice de la rédaction

"Sauver le soldat Maya"

Dire que c'est une information qui a fait le buzz risque d'être perçu comme un jeu trop facile sur les mots. Car l'annonce est cruelle, qui concerne une fois encore... nos amies les abeilles ! Deux nouvelles études chocs, dont l'une en provenance d'Avignon et de son très sérieux laboratoire de l'Inra (Institut national de la recherche agronomique), viennent en effet de ramener les butineuses dans l'actualité *(lire p. 8)* . On savait que ces indispensables pollinisatrices ont pris depuis des années un sérieux coup dans l'aile et voient nombre de leurs colonies s'effondrer. On se doutait que les pesticides, épandus à tire-larigot sur les productions agricoles françaises, ne devaient pas leur faire grand bien – surtout en cocktail *(lire* S. et A. *n° 771, mai 2011)* ou en conjonction avec les attaques de certains parasites. A vrai dire, nous finissions même par nous interroger sur l'incroyable résistance dont fait montre l'hyménoptère. Or, que révèle l'étude française, une première sur les abeilles en liberté ? Que même de très faibles doses de pesticides leur sont fatales. Non pas directement létales – elles sont cinq fois moindres que la dose dite toxique. Mais cause de mort… indirecte. C'est aux neurones que le produit s'attaque et l'insecte désorienté ne retrouve pas la ruche. Il faut sauver le soldat Maya !
Problème, on peut craindre que les autorités sanitaires arrivent comme les carabiniers. Or, on se souvient du coup de clairon de la FAO, dès 2005 : au niveau mondial, la pollinisation vaudrait 153 milliards d'euros, alertait l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Les abeilles assurant celle de deux tiers des plantes consommées par les humains. On se demande à quel niveau de décibels devra monter le prochain buzz pour être entendu !

Autre coup au cœur, celui que nous avons ressenti en apprenant, le 6 avril, le décès d'un scientifique chinois remarquable, survenu aux Etats-Unis. En mai 1990, nous avions vraiment découvert l'astrophysicien Fang Lizhi grâce au portrait qu'en avait dressé son collègue français Jean-Marc Bonnet-Bidaud*. Il était alors réfugié depuis presque un an à l'ambassade américaine de Pékin, après la répression du mouvement de la place Tian'anmen de juin 1989. Cet homme qui avait travaillé sur les états extrêmes de la matière – et participé aux travaux sur le nucléaire et la bombe –, voulait *« l'ouverture »* de son grand pays. Trop tôt ? Inévitablement rebaptisé « Sakharov chinois », *« c'était surtout un trublion,* selon Jean-Marc Bonnet-Bidaud avec qui nous avons évoqué sa mémoire. *Sympathique, plein d'humour et d'un grand charisme »*. Devenu ces dernières années professeur de physique à l'université de Tucson (Arizona), Fang Lizhi parlait à ses étudiants de l'inflation après le Big Bang et de la matière noire. Il avait trouvé *« son sort enviable, comparé à celui de cinq astronomes de l'observatoire de Pékin mis à mort au début de la dynastie Qing (1614-1911) pour avoir propagé trop assidûment les méthodes occidentales de l'astronomie »*. Mais n'avait jamais été autorisé à revenir dans son pays.
Plus réjouissant, notre étonnant reportage sur ce qui demeure une des plus belles énigmes de l'Antiquité : l'empire de Méroé, dont nous faisons la couverture. Retrouvez le génial Claude Rilly, qui s'efforce, tel un moderne Champollion, de percer l'énigme de cette écriture mythique qu'est le méroïtique.

* « Un astrophysicien dissident privé d'étoiles », lire http://bonnebidaud.free.fr/chine/index.html

VOYAGEZ
À PRIX RÉDUIT AVEC
MA CARTE SENIOR.
-40%(1) MINIMUM
EN 1RE CLASSE.

SNCF

ÉDITION LIMITÉE À PARTIR DU 11 AVRIL 2012
40€(2) AU LIEU DE 57€ POUR LES 100 000 PREMIÈRES CARTES !

(1) La Carte Senior est accessible à partir de 60 ans et est valable un an. Cette carte offre des réductions de -25% garantis et jusqu'à -50% dans la limite des places disponibles. Les réductions sont calculées, hors prestations supplémentaires sur le Plein Tarif Loisir pour tous les trains à réservation obligatoire (TGV® et INTERCITÉS) et sur le tarif normal pour les trains soumis au calendrier voyageurs (TER et INTERCITÉS sans réservation obligatoire). Ces réductions sont applicables en trafic national (sauf trajets intégralement effectués en Ile-de-France) et sur la partie nationale de certains trains internationaux, dans la limite des places disponibles pour les réductions supérieures à 25%. En vente au prix de 57€ (prix en vigueur au 03/01/2012). Pour tout achat de billet effectué entre le 11 avril et le 31 décembre 2012 inclus, la Carte Senior offre 40% de réduction minimum sur le Plein Tarif Loisir en 1re classe, pour tout voyage effectué entre le 11 avril 2012 et le 31 mars 2013, sur les trains TGV® et INTERCITÉS, hors TER (pour les trains INTERCITÉS sans réservation obligatoire, la promotion est valable uniquement pour des trajets sans correspondance). (2) La Carte Senior est valable un an, non renouvelable, à partir de 60 ans et est disponible en édition limitée à partir du 11 avril 2012 dans la limite de 100 000 exemplaires, au prix de vente de 40€ au lieu de 57€ (prix en vigueur au 03/01/2012). En vente dans les gares, boutiques SNCF, par téléphone au 3635 (0,34€TTC/min, hors surcoût éventuel), auprès des agences de voyages agréées SNCF et sur www.voyages-sncf.com. TGV est une marque déposée de SNCF. Tous droits de reproduction réservés. SNCF - 34, rue du Commandant Mouchotte - 75014 Paris - R.C.S. Paris B552 049 447

EXTRÊME CORPORATE

Méroé
l'empire qui défia Rome p. 52

SPENCER PUGSLEY

3 **EDITO :** « Sauver le soldat Maya »
7 **COURRIER**

L'ÉVÉNEMENT

8 Abeilles : la mort à très petites doses

ACTUALITÉS

L'INFOGRAPHIE DU MOIS
14 Voiture électrique : quels sont les risques liés aux batteries ?

TERRE ET COSMOS
16 Mercure dévoile son cœur et son eau

FONDAMENTAL
20 Du rififi chez les chasseurs de particules

PASSÉ
26 Chine : une nouvelle espèce humaine présumée

FUTUR
28 Les panneaux solaires changent de dimension

NATURE
30 Les prochains printemps seront précoces

SANTÉ ET BIOLOGIE
36 Cancer du côlon : un test prédictif efficace

NUTRITION
44 Le thé vert a-t-il de réelles vertus médicinales ?

C. THIRIET/BIOSPHOTO

Abeilles : la mort à très petites doses p. 8

SERGE PICARD POUR S&A

Débat : Axel Kahn/Heinz Wismann p. 46

MEDAPHOTO/SCIENCE

Quand les dents repousseront p. 72

Les stations AirPlay p. 86

D.R. (SAUF)

DÉBAT

46 **Axel Kahn et Heinz Wismann :** repenser le progrès dans une perspective humaniste

DOSSIER

52 **Méroé, l'empire qui défia Rome**
54 D'étranges pyramides dans le désert du Soudan
60 Les Candaces, souveraines face à Rome
63 Claude Rilly : « Le méroïtique n'a laissé aucune langue fille »

DÉCOUVERTES

66 **BIODIVERSITÉ** Sundarbans, un équilibre en péril
72 **ODONTOLOGIE** Quand les dents repousseront
76 **BIOLOGIE** Manger moins pour vivre plus
80 **RADIOASTRONOMIE** Trou noir, la Terre ouvre grand ses antennes

DÉCRYPTAGE

83 Peut-on tout savoir d'un suspect par son ADN ?
85 La biontologie à l'épreuve des faits

S'ÉVADER

86 **TEST HIGH-TECH** Les stations AirPlay
90 **LE CIEL** de mai
92 **RENDEZ-VOUS**
94 **LIVRES** Le feu sous les planches
98 **AUTOUR D'UN LIVRE** Entretien avec Romy Sauvayre : « L'adhésion à une secte se fait progressivement »

Les croisières du
SAVOIR
SCIENCES et AVENIR
DU 27 MAI AU 4 JUIN 2012

9 jours/8 nuits à partir de 1540 €
Prix par personne en cabine intérieure occupée par 2 personnes

AVEC VOUS À BORD DE
PRINCESS DANAE

Yves COPPENS · Michel SERRES · Jean-François CLERVOY · Sophie VAN ECK

RETROUVEZ TOUTES LES INFORMATIONS SUR WWW.SCIENCES-ET-AVENIR.COM
OU DEMANDEZ À RECEVOIR LA BROCHURE EN COMPLÉTANT LE COUPON CI-DESSOUS

Coupon-réponse à retourner complété sous pli affranchi à : Sciences et Avenir - Diffusion n°1 – BP 230 – 27102 Val de Reuil Cedex.

☑ 1250 **OUI,** merci de m'envoyer, GRATUITEMENT et SANS ENGAGEMENT de ma part, la brochure LES CROISIÈRES DU SAVOIR.

A COMPLÉTER EN MAJUSCULES SVP

M. ☐ Mme ☐ Mlle ☐ Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal : |_|_|_|_|_| Ville : _____

Téléphone : |_|_|_|_|_|_|_|_|_|_| Email : _____

Avez-vous déjà effectué une croisière ? ☐ Oui ☐ Non

Conformément à la Loi Informatique et Libertés du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification des données vous concernant

12PGSAVOIR

Eaux d'ici, eaux de là : 2012, l'Odyssée de l'eau

Le 1er prix du concours de nouvelles organisé par l'Ensta ParisTech avec « Sciences et Avenir ».

*« **Joseph a ouvert un œil** dans le noir : c'est la porte d'entrée. On la secoue avec rage. […] Des images du dehors se dessinent en filigrane. Il y a le chemin des douaniers qui griffe la lande dans les hauts de l'à-pic jusqu'à une gorgone de granite, hideuse, jetée au-dessus du vide comme une gargouille de cathédrale. Il y a le vent : venu on ne sait d'où, il court la lande et harcèle le goéland qui raille et se joue de ses frasques. Joseph frissonne subitement parce que sous le vent, il y a l'océan. Le monstre lui a tout donné. Il a tout repris. […] A l'ouvert de la baie, il fulmine quand il s'empale sur un croc de granite, un sinistre récif, à fleur d'eau dès la mi-marée. C'est la Nuisible. »*

La Nuisible, tel est le titre de la nouvelle qui a remporté le 1er prix Grand Public du concours de nouvelles lancé à l'automne par l'Ensta ParisTech* dont *Sciences et Avenir* est partenaire.

DR

Georges Collet (ici avec Dominique Leglu et Alain Thébault) participera à la Croisière du savoir organisée par « Sciences et Avenir ».

Son auteur, Georges Collet, participera à la Croisière du savoir organisée par notre magazine en Méditerranée du 27 mai au 4 juin. Le 2e prix est allé à Stéphane Dorschner (*Dealer d'iceberg*). Le 1er prix Elèves, remis par le CEA, a été attribué à Vianney Bœuf (Polytechnique) pour *Le Poids d'une goutte d'eau.* La remise des prix a eu lieu le 28 mars, en présence du jury composé d'Alain Thébault, Hervé Le Bras, Jean-Marc Ligny, Ghislain de Marsily et Valérie Masson-Delmotte.

* http://concours-nouvelles.ensta-paristech.fr

Lisez les nouvelles primées sur www.sciencesetavenir.fr

A lire ce mois-ci sur notre site
www.sciencesetavenir.fr

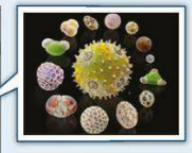
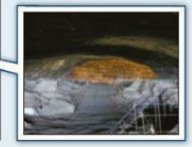


Image
Le microscope révèle la beauté des grains de pollens, qui transforment parfois le printemps en épreuve pour les allergiques.

Expédition
La goélette *Tara*, rentrée à Lorient, a achevé son tour du monde. Bilan de 2 ans et demi d'observations.



Découverte
L'homme faisait-il déjà cuire sa viande il y a un million d'années ? C'est ce que suggèrent les vestiges d'un feu découverts en Afrique du Sud.

Poisson d'avril ?

Un poisson d'avril s'est glissé dans votre numéro n° 782 (avril 2012). En effet, dans l'article « 10 994 mètres sous les mers » (page 18), vous faites allusion à Richard Branson, fondateur de Virgin, qui va rejoindre James Cameron avec un planeur sous-marin dans la fosse des Mariannes. Cette information est un canular lancé sur le site http://virginvolcanic.com […] **Cédric Chaumet**

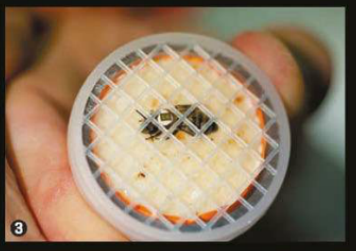
S. et A. : Merci pour votre lecture attentive. Toutefois, nous n'avons jamais parlé du projet Virgin Volcanic de Richard Branson, mais de son projet Virgin Oceanic, qui n'a rien à voir avec les volcans et le centre de la Terre. Richard Branson a réellement travaillé sur un projet d'exploration de la fosse des Mariannes. Vous pourrez trouver plus d'informations ici : www.virginoceanic.com/

De la fertilité des châtaigniers

Abonné depuis 2007, j'ai lu dans votre numéro d'avril *(p. 74)* que le châtaignier n'était pas autofertile. Autofertile se dit des espèces végétales chez lesquelles l'autofécondation donne des graines aptes à germer. [Or], j'ai souvent fait germer des châtaignes et ne voit-on pas dans les forêts de châtaigniers des jeunes plants issus naturellement ? Qu'a voulu dire l'auteur en précisant qu'il fallait organiser les châtaigneraies en sujets pollinisateurs et producteurs ? […] » **Jean Testud (courriel)**

S. et A. : Le châtaignier est bien un arbre monoïque, c'est-à-dire portant les fleurs femelles et les fleurs mâles. Mais la pollinisation nécessite la présence de plusieurs arbres et notamment dans les vergers productifs par le fait même que certaines variétés produisent peu de pollen ou ont un pollen de mauvaise qualité. Voilà pourquoi les vergers sont toujours organisés avec des espèces très productrices en pollen.

Abeilles
La mort à très petites doses



PHOTOS : CHRISTOPHE MAITRE/INRA

Des abeilles pistées grâce à des pastilles Dans l'étude française parue dans *Science*, 650 abeilles domestiques ont été capturées et mises en cage de contention 1 et 2. Elles ont ensuite été équipées de puces RFID, collées sur leur thorax 3. Avant d'être relâchés, certains insectes ont été nourris avec un sirop contenant une faible dose de néonicotinoïde 4. Les chercheurs de l'Inra ont ensuite pu suivre durant six jours les déplacements des abeilles grâce au système RFID 5 et établir que les hyménoptères ayant ingéré l'insecticide ont deux fois plus de risques que les autres de mourir, perdues à l'extérieur de la ruche.

MARC CHENEAU/USSON PHOTO

Pour la première fois, deux études démontrent les effets délétères des néonicotinoïdes, à faibles doses, sur les pollinisateurs dans des conditions naturelles. Ce qui expliquerait leur déclin, ces insecticides systémiques étant utilisés massivement dans l'agriculture.

Des abeilles déboussolées, incapables de regagner leur ruche, condamnées ainsi à une mort certaine ; des bourdons qui perdent l'appétit et peinent à se reproduire… Pour la première fois, deux études, l'une française (1), l'autre britannique (2), parues en mars dans la revue *Science*, éclairent puissamment ces phénomènes inquiétant les professionnels depuis plus de vingt ans. Elles montrent en effet que les néonicotinoïdes ont, à faible dose, des effets puissamment délétères sur les insectes pollinisateurs domestiques et sauvages. Introduits dans les années 1990, ces insecticides systémiques – qui enrobent directement les semences – sont les plus couramment utilisés en agriculture. Ils joueraient un rôle majeur dans la disparition de ces insectes, dont le déclin menace à terme les cultures de plantes à fleurs, et, bien sûr, la production de miel *(voir le schéma p. 10)*.

Ce n'est pas la première fois que les néonicotinoïdes sont pointés du doigt. De forts soupçons pesaient depuis longtemps sur eux *(lire* S. et A. *n° 771, mai 2011)*. *« On savait déjà qu'ils affectaient les connexions neuronales des insectes et qu'à haute dose, ils entraînaient la mort »*, explique le neurologue Christopher Connolly, de l'université de Dundee (Royaume-Uni). On savait aussi qu'une exposition chronique à de faibles doses pouvait provoquer des changements plus ténus *« comme la perte du sens de l'orientation, la diminution de la capacité d'apprendre et de communiquer »*, poursuit le chercheur. Mais personne n'avait encore réussi à montrer ces effets en dehors des laboratoires, dans des conditions naturelles. Et c'est justement ce que sont parvenues à faire les études française et britannique, opérant en cela une avancée majeure.

Pour réaliser leur expérience, Penelope Whitehorn et Dave Goulson, de l'université de Stirling (Royaume-Uni) ont exposé des colonies de bourdons *(Bombus terrestris)* en développement à des faibles niveaux d'un néonicotinoïde appelé imidaclopride et commercialisé sous le nom de Gaucho *(voir le schéma p. 10)*. Les chercheurs ont ensuite placé les colonies dans un terrain où les bourdons ont pu s'alimenter dans des conditions naturelles. Ils ont soigneusement pesé les nids – comprenant les insectes, la cire, le miel, les larves, le pollen – au début et à la fin de l'expérience. Et les résultats ont été sans appel : les colonies exposées à l'imidaclopride ont un poids 12 % plus faible que les colonies non exposées, suggérant ainsi qu'elles se sont moins nourries. *« Plus terrible et surprenant : elles ont produit 85 % de reines en moins ! »*, souligne Penelope Whitehorn. Or, après le dépérissement hivernal, la production de reines est indispensable à l'établissement de nouvelles colonies puisqu'elles sont les seules à pouvoir les fonder… 85 % de reines en moins peut donc signifier 85 % de nids en moins l'année suivante. De quoi expliquer – peut-être – le déclin de ces insectes qui disparaissent massivement en Amérique du Nord et dont trois espèces sont désormais éteintes en Grande-Bretagne.

Dans l'étude française, ce sont cette fois des butineuses qui ont été observées. Mickaël Henry, de l'Inra d'Avignon, et Axel Decourtye, de l'Acta (réseau des instituts des filières animales et végétales), ont réalisé l'exploit technologique d'équiper individuellement plus de 650 abeilles domestiques de puces RFID ultralégères, collées sur le thorax avec un ciment dentaire. Un dispositif permettant de suivre leurs allées et venues entre la ruche et l'environnement pendant six jours. Un tour de force rendu possible grâce notamment à l'Unité expérimentale d'entomologie du Magneraud, de l'Inra, en Poitou-Charentes, qui développe depuis sept ans la technologie RFID. *« Nous avons d'abord mené des tests avec des abeilles équipées de simples pastilles numérotées, des chercheurs armés de talkies-walkies, des caméras posées à l'entrée des ruches… Mais c'était fastidieux et compliqué. Quand nous arrivions à suivre dix abeilles dans une journée, nous étions déjà heureux*, explique Pierrick Aupinel, ingénieur de recherche. *Là, grâce à cette nouvelle technique, nous avons pu travailler sur plusieurs centaines d'individus. »* Lors de leur capture pour être équipés, une partie des insectes ont été invités à siroter une faible dose d'un néonicotinoïde appelé thiamétoxame et commercialisé sous le nom de Cruiser. Une dose *« comparable à celle que les abeilles peuvent rencontrer dans leur activité quotidienne »*, selon les chercheurs, cinq fois moindre que la dose toxique prise comme référence dans l'autorisation de mise sur le marché. Et deux fois moindre que la dose dite sans effet observable, c'est-à-dire une dose administrée dix jours durant sur les insectes sans observer de mortalité. Résultat ? Les chercheurs ont établi que les abeilles ayant ingéré du thiamétoxame ont deux à trois fois plus de risques que les autres de mourir, perdues, à l'extérieur de la ruche. Probablement parce que le pesticide interfère avec leur système de localisation de la colonie, avancent les auteurs. Les chercheurs ont ensuite développé un modèle mathématique ●●●

Mort des abeilles, deux suspects démasqués

En mai 2011 déjà, *Sciences et Avenir* (n° 771) révélait que la combinaison d'un agent infectieux et d'insecticides systémiques à faibles doses menaçait les ruches.

Les abeilles menacées et pourtant vitales

Les chiffres

Population
1,25 million de colonies d'abeilles domestiques déclarées en France en 2011.
13,6 millions en Europe.

Une colonie compte de **20 000** à **80 000** individus.

En une journée, une colonie visite **21 millions de fleurs,** soit 700 fleurs par abeille.

Besoins estimés pour l'agriculture en France : **3,9 millions de colonies**

70 000 apiculteurs français déclarés en 2011; 2000 détiennent la moitié du cheptel.

Production française de miel : environ **20 000 tonnes ;** importation : 24 000 tonnes.

Source : UNAF

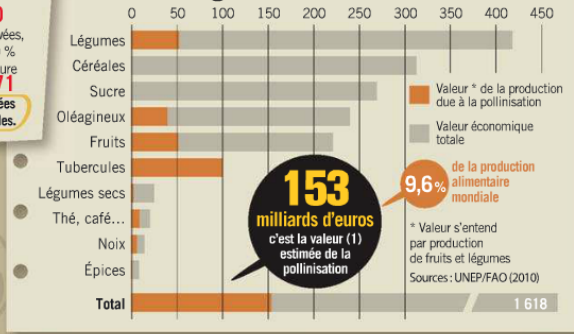
La pollinisation

200 000 espèces animales pollinisent les plantes.
En premier lieu, les **hyménoptères et notamment les abeilles et les guêpes qui représentent 80 % de la pollinisation** (principalement pour les amandes et les pommes, les bourdons pollinisant fraises, framboises et tomates).

La pollinisation est le transport du pollen depuis les anthères, éléments de l'appareil reproducteur mâle jusqu'à la partie femelle, le stigmate, de la même fleur ou d'autres fleurs de la même plante ou d'une autre plante (pollinisation croisée).

Sur **100** espèces cultivées, assurant 90 % de la nourriture mondiale, **71** **sont pollinisées par les abeilles.**

Le poids économique de la pollinisation dans l'agriculture mondiale (en milliards d'euros)



Le déclin

Aux Etats-Unis
De **-30 %** à **-90 %** d'abeilles au cours de l'hiver 2006-2007 : le **« colony collapse disorder »** (syndrome d'effondrement des colonies) a été décrit pour la première fois outre-Atlantique en 2007.

En 2010, l'effondrement des colonies atteignait encore **34 %**

En France
-20 % **d'abeilles** ces vingt dernières années

Sources : Rapport du Programme des Nations unies pour l'environnement, Global bee colony disorder and other threats to insect pollinators, mars 2011 ; Rapport 2010 de l'USDA,Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe ; Rapport PNUE, juin 2011.

Insecticides : les principaux suspects

600 000 ha de colza ont été traités en 2011 par le Cruiser 350, selon *Syngenta*

59 millions d'hectares sous néonicotinoïdes aux Etats-Unis en 2011 selon *Science*

Classe d'insecticide	NÉONICOTINOÏDES				PHÉNYLPYRAZOLES
Substance active	Imidaclopride	Clothianidine	Thiamétoxam	Thiaclopride*	Fipronil
Marque et fabricant	Gaucho et Confidor (Bayer)	Poncho-Maïs (Bayer)	Cruiser (Syngenta)	Proteus (Bayer)	Régent TS (BASF)
Situation	Gaucho, mise sur le marché : 1994. Interdit en France sur tournesols depuis 1999, sur maïs depuis 2004. Autorisé sur bois, céréales à paille (blé, orge) et sur vergers (Confidor). Autorisé dans l'Union européenne et aux Etats-Unis.	Jamais autorisé en France. Autorisé en Europe et aux Etats-Unis.	Autorisé en France depuis 2008, pour un an, renouvelé chaque fois depuis, malgré des annulations du Conseil d'Etat. Dans nos champs jusqu'en 2011 minimum. Autorisé par l'Europe mais interdit en Slovénie et en Italie. Autorisé aux Etats-Unis.	Autorisé en 2011 sur céréales, pommes de terre, betteraves et colza. Recours déposé par les apiculteurs devant le Conseil d'Etat. Autorisé par l'Europe et aux Etats-Unis.	Premier produit d'enrobage des semences, le Régent a été mis sur le marché en 1993. Il est interdit en France depuis 2004. Autorisé en Europe et aux Etats-Unis.
Résultat de l'étude de Jean-Marc Bonmatin (CNRS), dont le **DDT (Dinocide)** a été l'unité de référence					
DOSE LÉTALE 50 (nanogrammes/abeilles)	27 000 ng/ab	3,7 ng/ab	4 ng/ab	5 ng/ab	17 320 ng/ab	4,2
Dose par hectare (ha)	200-600 g/ha	7,5 g/ha	50 g/ha	69 g/ha	62,5 g/ha	50 g/ha
TOXICITÉ/ ABEILLES par rapport au DDT	1	x 7 297	x 6 750	x 5 400	x 1,6	x 6 475

* associé au deltaméthrine (PYRÉTHRINOÏDES)

Sources : EPA, PAN, MEDDAD

●●● simulant la dynamique de population des abeilles. Lorsqu'ils ont incorporé la mortalité due à un manque de localisation dans la simulation, le modèle a prédit que les populations d'abeilles exposées au pesticide devaient *« chuter à un niveau tel qu'il ne permettrait plus leur rétablissement »*. De quoi expliquer pourquoi certaines colonies se vident et s'effondrent… De 50 à 75 % des butineuses pourraient ainsi disparaître le temps d'une floraison. Or moins de butineuses, c'est aussi moins de pollen et de nectar rapportés à la ruche pour nourrir la communauté.

Les résultats de ces deux études ont fait vivement réagir les industriels. Le groupe suisse Syngenta, fabriquant du Cruiser, a aussitôt protesté, arguant que *« la concentration en thiaméthoxame du sirop administré aux abeilles est au moins trente fois plus élevée que celle du nectar de colza protégé avec du Cruiser »*. Selon elle, pour atteindre la quantité de thiaméthoxame retenue dans l'étude, l'abeille devrait consommer quotidiennement jusqu'à sept fois son propre poids en nectar. Un argument rejeté par Jean-Marc Bonmatin, du CNRS, spécialiste de la concentration des pesticides dans les pollens et nectars. *« Selon mes calculs, la concentration utilisée par l'équipe française est sans doute effectivement supérieure de cinq à dix fois à ce que rencontre en moyenne l'abeille, mais elle peut correspondre à des « pires cas » qui peuvent parfois survenir dans la nature. D'autant que d'autres chercheurs trouvent des concentrations plus élevées que les miennes, assez compatibles avec les chiffres de l'étude française. Ce qu'il faut retenir – et que montrent maintenant une dizaine d'études –, c'est que les insecticides systémiques agissent comme des poisons à très faibles doses. Notez que l'imidaclopride est au moins 7000 fois plus toxique que le DDT » (voir le schéma ci-contre)*. De son côté, le ministère de l'Agriculture a indiqué attendre d'ici à la fin du mois de mai un avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses) sur cette étude. *« Si ces nouvelles données étaient confirmées, l'autorisation de mise sur le marché »* du Cruiser OSR, utilisé sur le colza, *« serait retirée »*. Il pourrait ainsi rejoindre le Gaucho et le Régent sur la liste des insecticides systémiques partiellement interdits en France *(voir le schéma)*. Pour les prochaines semailles, soupirent les apiculteurs, il sera déjà trop tard.

Rachel Mulot

(1) « A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees », *Science*, 29 mars 2012.
(2) « Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production », *Science*, 29 mars 2012.

Et maintenant, que faire ?

L'étude britannique s'est appuyée sur « Bombus terrestris ».

MICHEL GUNTHER/BIOSPHOTO

1 Faut-il revoir les procédures d'évaluation et d'autorisation des pesticides ?

« Jusqu'à présent, les procédures d'autorisation de mise sur le marché (européen ou américain) des pesticides demandaient surtout aux fabricants de s'assurer que les doses rencontrées sur le terrain ne tuaient pas les abeilles, mais elles ont complètement négligé les conséquences de doses non létales qui peuvent cependant provoquer des problèmes de comportement », souligne Mickaël Henry, l'un des auteurs de l'étude française. Les deux publications devraient donc donner des arguments de poids aux nombreux chercheurs qui, à travers le monde, réclament depuis longtemps la révision des règles d'évaluation du risque. *« Cela va déclencher une tempête de feu absolue ! »*, prévoit même l'écotoxicologue James Cresswell, de l'université d'Exeter (Grande-Bretagne). Mais tous ne partagent pas son optimisme. *« Les procédures d'évaluation du risque évoluent avec nos connaissances techniques*, rappelle Pierrick Aupinel, de l'Inra. *Il y a un intérêt à regarder les faibles doses, mais encore faut-il que nous ayons des procédures pertinentes pour les tester. »* Bref, la mise au point de tests dans des conditions totalement naturelles – ce qui soulève les pires difficultés – demandera encore des mois sinon des années.

Pourtant, la situation avait commencé à évoluer, avant même la publication de ces études. Ainsi, au mois ●●●

●●● d'octobre, un rapport international de la Société de toxicologie et chimie de l'environnement (Setac), écrit par une cinquantaine d'experts de l'industrie, de scientifiques des universités et de membres d'agences de régulation, concluait à la nécessité de développer des tests plus sensibles, sur les espèces sauvages comme domestiques*. Histoire de vérifier notamment si la faune non domestiquée souffre des mêmes troubles que les abeilles élevées en ruche, susceptibles d'être fragilisées par des traitements apicoles (pour lutter contre les parasites) ou génétiquement affaiblies. De leur côté, les agences de régulation ont, elles aussi, amorcé de nouvelles démarches. Ainsi, l'Efsa, l'Autorité européenne de sécurité des aliments, réfléchit à de nouvelles règles d'évaluation des risques. Et l'EPA (Environnemental Protection Agency) américaine, qui admet depuis 2010 *« que les effets sublétaux des pesticides pourraient être en lien avec le syndrome d'effondrement des colonies »*, va réunir un panel de scientifiques, à l'automne, pour étudier la question.

* www.setac.org/sites/default/files/executivesummarypollinators_11oct2011.pdf

LAURENT GESLIN/BIOSPHOTO

Les insecticides qui se diffusent « via » le système vasculaire de la plante contribueraient à abaisser les défenses immunitaires des pollinisatrices.

2 Quelles recherches sont-elles encore nécessaires ?

Dans l'idéal, des recherches menées dans des conditions totalement naturelles – réclamées par les industriels qui y verraient la seule preuve irréfutable de leur éventuelle responsabilité – devraient venir valider les deux études publiées en mars. Autrement dit, il faudrait que les insectes se nourrissent uniquement dans le milieu extérieur sans être au préalable nourries de pesticides en laboratoire. Pour cela, il faudrait donc équiper de pastilles RFID plusieurs lots d'abeilles : celles placées à proximité d'un champ traité avec un insecticide systémique, d'autres placées non loin de cultures non traitées, etc. Cela en prenant scientifiquement en compte leur éventuel comportement vagabond, allant d'un champ à l'autre. Autre paramètre important : la distance parcourue par les pollinisatrices testées pour revenir à la ruche. Celle-ci devra être suffisamment éloignée – à un kilomètre au moins – et suivie sur le long terme, car une faible distance, observée de manière ponctuelle, ne permettrait pas de constater des effets indésirables des pesticides. D'autres études devraient tenter d'apprécier la modulation des effets d'autres facteurs couplés aux pesticides, tel que le manque de nourriture ou la présence de parasites. C'est dire si la mise en place de telles études apparaît complexe.

On peut également attendre beaucoup de tests menés sur des larves nourries avec des doses infimes de pesticides, comparables à celles qu'elles ingèrent dans la ruche, *via* le pollen et le nectar collectés par leurs butineuses. Cela permettrait ensuite d'observer – ou non – d'éventuels effets indésirables une fois ces abeilles parvenues à l'état adulte et peut-être d'expliquer pourquoi une partie de ces animaux coloniaux meurt au nid en hiver, en dehors des périodes d'exposition aux insecticides. L'homologation d'élevages d'abeilles *in vitro* menés dans ce but, notamment par l'Inra, est en cours. Une autre approche consisterait, toujours *via* l'élevage, à vérifier si de faibles doses de pesticides peuvent altérer le développement des glandes hypopharyngiennes, situées derrière la tête, qui permettent aux nourrices de sécréter la gelée royale.

3 Cocktail, synergie… y a-t-il d'autres effets mortifères ?

Plusieurs études mettent en évidence une synergie dangereuse entre les insecticides et d'autres agents pathogènes et s'inquiètent d'un « effet cocktail » entre les différents produits chimiques auxquels les abeilles sont exposées. Ainsi, il a été démontré que la nosémose – une maladie provoquée par un microparasite de l'intestin *(Nosema cerenae)* présent en France depuis 2002 – infeste des ruches normalement productives et ne provoque pas la mort des abeilles (Supagro Montpellier, 2005). En revanche, les abeilles ainsi parasitées succombent en nombre dès lors qu'elles sont exposées à de très faibles doses de certains insecticides comme le fipronil, le thiaclopride ou l'imidaclopride *(voir le schéma p. 10)*. Si ces derniers appartiennent à des classes différentes, tous sont systémiques, c'est-à-dire qu'ils se diffusent *via* le système vasculaire de la plante. C'est ce qui ressort de plusieurs études, menées notamment par l'Inra *(lire* S. et A. *n° 771, mai 2011)*, le CNRS et l'université Blaise-Pascal de Clermont-Ferrand. Ces résultats, partiellement confirmés sur des reines en condition naturelle, suggèrent que les insecticides systémiques contribuent à abaisser les défenses immunitaires des pollinisatrices. Dans ces études, ce sont également de faibles doses qui sont incriminées et qui pourraient tuer massivement des abeilles déjà fragilisées. D'autres études en cours, en France, en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis, testent les effets potentiels de ces insecticides systémiques avec un autre parasite, le varroa, ainsi que d'autres virus.

Autre piste inquiétante : la combinaison des différents pesticides conduisant à un effet « cocktail » délétère. Au cours de leur vie, les abeilles sont exposées à de multiples produits chimiques et pharmaceutiques : les insecticides, qui persistent dans les pollens, le nectar et l'eau ; les fongicides, pulvérisés sur les vergers ; les acaricides et les antifongiques, utilisés par les apiculteurs pour lutter contre le varroa et *Nosema*. L'ensemble s'accumulant à l'intérieur de la ruche. Un petit nombre d'études française, japonaise et américaine commence à montrer l'effet mortel de certains de ces cocktails, comme celui de pesticides néonicotinoïdes avec les fongicides. Toutefois, tester toutes les combinaisons de molécules entre elles est une tâche immense. *« Mieux vaudrait interdire dès à présent certaines familles d'insecticides systémiques qui se confirment être particulièrement dangereuses »*, avancent les apiculteurs et certains chercheurs, convaincus que le temps presse.

4 Ces travaux sont-ils contestables ?

A priori, selon plusieurs spécialistes que nous avons interrogés, les doses retenues par les chercheurs français et britanniques sont réalistes. Cependant, pour en avoir la certitude, les autorités d'évaluation du risque devront s'intéresser à deux paramètres : elles tenteront d'établir la concentration en pesticides des pollens et celle du nectar dans la nature, afin de vérifier si les concentrations testées par les chercheurs sont acceptables. Elles tenteront aussi de comparer la dose que les abeilles ou bourdons peuvent absorber en conditions naturelles par rapport à celle reçue par les animaux des études. Une dose qui varie selon nombre de critères comme le montre l'étude d'Agnès Rortais, pour l'Efsa. Ainsi, moins le nectar est sucré, plus il y a de vent, de distance et d'énergie à dépenser, plus les abeilles en absorbent.

5 Peut-on bannir les pesticides systémiques ?

David Goulson, coauteur de l'étude britannique, suggère que l'utilisation de l'imidaclopride (Gaucho) soit suspendue en attendant que les résultats soient confirmés. Aux Etats-Unis, une pétition forte de 1,2 million de signatures et réclamant l'interdiction de l'ensemble des néonicotinoïdes vient d'atterrir sur le bureau de l'EPA. Mais les pesticides systémiques étant employés sur des millions d'hectares dans le monde, il est peu probable qu'ils soient bannis du jour au lendemain. En revanche, leur emploi pourrait dès à présent être limité à certaines cultures (comme en France, *voir le schéma p. 10*), ou réservé aux menaces démontrées (la chrysomèle du maïs par exemple) dans certaines zones. Parallèlement, la rotation des cultures, visant à limiter les infestations, pourrait être encouragée. Mais par quels produits moins toxiques les remplacer ? Il n'existe pas de nouveaux substituts, selon Bayer, qui ne développe pas de produits de remplacement. Syngenta ne nous a pas répondu.

6 Quelles mesures pour sauver les abeilles domestiques ?

Il faut d'abord, laisser aux abeilles 30 % au minimum de leur miel, aux propriétés antibactériennes, pour se nourrir plutôt que le sirop de sucre et la mélasse de maïs donnés par les apiculteurs, qui n'ont pas les mêmes qualités et ne sont pas exempts de pesticides. Eric Mussen, de l'université de Californie, suggère par ailleurs de nettoyer ruches, rayons et couvains contaminés depuis des décennies. Une étude de l'université de Pennsylvanie, menée aux Etats-Unis et au Canada, montre en effet que des centaines de pesticides et leurs produits de dégradation s'accumulent dans la cire et le pollen. Le nettoyage vaudrait également pour les produits pharmaceutiques destinés à traiter les abeilles contre les maladies.

Essayer enfin, de ne pas créer de cocktails mortels : les apiculteurs devraient être informés des traitements des arboriculteurs, notamment lorsqu'ils louent leurs ruches pour la pollinisation. Des indications claires, signalant la toxicité de certains mélanges, pourraient ainsi être apposées sur les bidons de pesticides. **R. M.**

MARC CHESNEAU/BIOSPHOTO

DOUBORIS THIRIET/BIOSPHOTO — LAURENT MAZUREK/PHOTO

Le nettoyage des ruches, rayons et couvains, contaminés, souvent depuis des dizaines d'années, par des résidus de pesticides, peut être une première mesure de protection. Avant une éventuelle interdiction des insecticides systémiques, comme l'imidaclopride utilisé sur le soja (à gauche), réclamée, entre autres, par les apiculteurs (ici manifestation à Paris, en février 2008).

Voiture électrique : quels sont les risques liés aux batteries ?

Les véhicules électriques se multiplient *(lire chiffres ci-contre)*. Leur sécurité est-elle assurée ? Selon l'un des meilleurs spécialistes mondiaux des batteries, le chimiste français Michel Armand, les batteries lithium-ion utilisées pour alimenter ces voitures peuvent notamment dégager des fumées toxiques en cas d'incendie. Or, l'histoire des voitures au GPL le montre, un seul accident spectaculaire peut anéantir une filière prometteuse. *Sciences et Avenir* recense quatre situations potentiellement dangereuses, sur lesquelles les pouvoirs publics doivent encore légiférer pour garantir la sécurité des usagers.

Cécile Michaut
Infographie : Betty Lafon

CHIFFRES

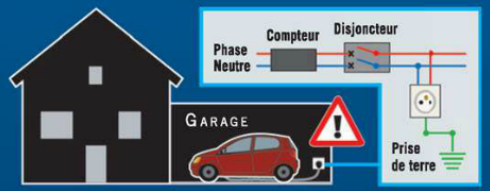
300 KILOS environ, le poids d'une batterie de véhicule électrique (selon sa puissance), pour une énergie utilisable de 22 kWh. Ces chiffres varient avec le poids et l'autonomie du véhicule.

2630 VÉHICULES ÉLECTRIQUES vendus en 2011, contre 184 en 2010.

2 MILLIONS de ces véhicules en circulation d'ici à 2020 : c'est ce que prévoit le plan national pour la promotion des véhicules électriques et hybrides.

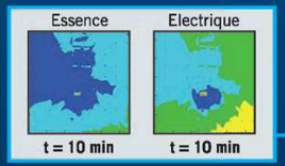
1 LA CHARGE À DOMICILE : DES RISQUES D'INCENDIE

Les batteries seront essentiellement chargées à domicile. Or, 72 % des installations électriques domestiques présentent plus de trois anomalies, surtout liées à la prise de terre. D'où des risques de départ de feu dans les garages lors de la recharge. Les pouvoirs publics préconisent que les véhicules électriques soient donc vendus avec des bornes de recharge spécifiques, installées par des électriciens qui vérifieront la conformité de l'installation.

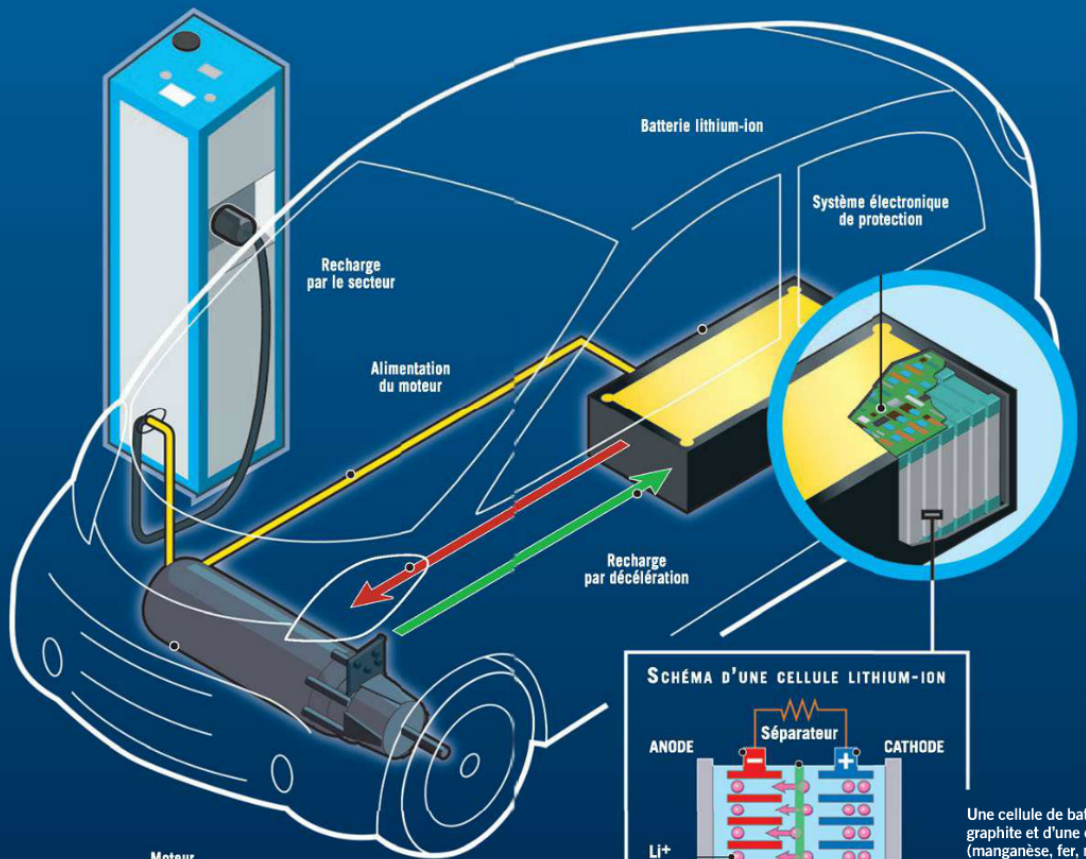


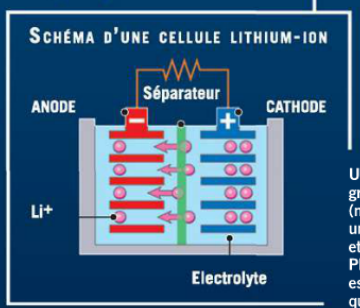
2 MILIEUX CONFINÉS : DES ÉMANATIONS TOXIQUES

Des simulations de l'Ineris (Institut national de l'environnement industriel et des risques), menées en juin 2011, ont montré que les émissions toxiques lors de l'incendie d'un véhicule électrique dans un parking couvert étaient supérieures à celles d'un véhicule à moteur thermique. Des tests sur des incendies réels menés depuis par les constructeurs se seraient révélés plus rassurants, mais les résultats n'ont pas été rendus publics. En outre, ces tests ne prennent pas en compte le risque d'auto-inflammation des batteries. Les pouvoirs publics préconisent d'autoriser sans restriction l'accès des véhicules électriques aux parkings souterrains, mais d'espacer les points de recharge.



Emanations toxiques lors de l'incendie d'un véhicule. En vert et jaune, les concentrations aux effets irréversibles occupent une plus grande surface dans le cas des véhicules électriques.





3 LA CHARGE RAPIDE : COURTS-CIRCUITS POSSIBLES

Des bornes permettront de recharger rapidement les batteries dans la rue ou les espaces publics, en moins de 30 minutes. Les puissances électriques en jeu sont plus importantes que pour les recharges « domestiques », plus lentes. Quels sont les risques en cas de vandalisme ou d'accident ? Aucune étude n'a été rendue publique. Par ailleurs, la recharge rapide favorise la formation de sortes de cristaux, appelés dendrites, sur les électrodes de la batterie, pouvant provoquer des courts-circuits.

4 L'ACCIDENT : ÉVITER L'ÉLECTROCUTION

En cas d'accident, comment s'assurer que la batterie n'a pas été endommagée au risque de s'enflammer spontanément dans les jours qui suivent, comme ce fut le cas pour un véhicule Chevrolet, lors d'un crash test l'an dernier ? Les constructeurs français assurent que cet incident était lié à une fuite du liquide de refroidissement utilisé sur ce modèle, qu'il ne peut survenir sur leurs batteries refroidies à l'air et qu'en outre, un système électronique mesure l'état des batteries et en informe le conducteur. Du côté des secours, les procédures d'intervention devront évoluer pour éviter le risque d'électrocution lors d'une désincarcération. Reste à pouvoir identifier rapidement qu'il s'agit d'un véhicule électrique.

Une cellule de batterie lithium-ion est composée d'une électrode négative en graphite et d'une électrode positive comprenant un oxyde métallique (manganèse, fer, nickel ou cobalt) et du lithium, entre lesquelles se trouvent un séparateur (perméable aux ions lithium mais imperméable aux électrons), et un électrolyte (le plus souvent liquide).
Plusieurs cellules sont mises en parallèle pour former la batterie, l'ensemble est entouré d'un système électronique de protection (battery management system) qui joue un rôle important pour la sécurité.

Vue perspective d'une ancienne plaine volcanique dans l'hémisphère nord de Mercure révélée par les instruments de Messenger.

NASA/JHUAPL/CIW/ EDM/ MIT/ BROWN UNIVERSITY

PLANÉTOLOGIE

Mercure dévoile son cœur et son eau

Les données fournies par la sonde Messenger ont permis de dresser la première carte topographique de l'hémisphère nord de la planète, révélant d'étonnants reliefs.

Mercure a le cœur gros. Et des cratères de glace. Ces deux découvertes ont été faites grâce à la sonde Messenger de la Nasa. En orbite depuis un an autour de la première planète du système solaire, elle a récolté des données qui ont permis la publication de 57 articles scientifiques présentés en mars lors de la Conférence de sciences lunaire et planétaire au Texas.

Forts de quelque 100 000 nouvelles images, les chercheurs ont désormais une idée plus claire de la surface mercurienne. Idée qui a pris du relief avec la première carte topographique de l'hémisphère nord fournie par le laser altimétrique de la sonde. Cette carte dévoile des reliefs peu élevés, d'anciennes régions volcaniques, ou encore l'étrange cratère Caloris de 1500 kilomètres de diamètre, dont le fond est plus élevé que les bords. Les données radar de Messenger ont en outre révélé des dépôts brillants au fond de cratères polaires. Cette observation conforte l'hypothèse de l'existence de glace au fond de ces reliefs perpétuellement plongés dans l'ombre – l'axe de rotation de Mercure n'étant quasi pas incliné – et où régnerait une température constante de -200 °C.

En combinant les données de topographie, de rotation et de champ de gravité de la planète, les chercheurs ont pu aussi percer quelques secrets sur l'intérieur de Mercure. Ils ont notamment déterminé pour la première fois la taille du noyau : 85 % du rayon (contre 50 % pour celui de la Terre). *« On savait déjà que Mercure avait un gros noyau,* précise Gabriel Tobie, planétologue à l'université de Nantes. *Mais jusqu'à présent, les estimations découlaient exclusivement de la densité. »* Et elles étaient bien en deçà de la réalité. Selon Steven Hauck, de l'université Case Western Reserve, à Cleveland (Etats-Unis), la composition de ce noyau diffère de celle des autres planètes telluriques. Sur Terre, par exemple, le cœur est composé d'une épaisse couche fer-nickel liquide, entourant une sphère du même alliage solide, la graine. A l'intérieur de Mercure, la structure ressemble plutôt à des poupées russes : une couche externe de sulfure de fer solide surplombe une couche liquide, qui elle-même entoure sans doute une graine solide. Les prochains mois devraient nous fournir de nouvelles moissons d'informations : la Nasa a prolongé la mission de Messenger jusqu'en mars 2013. **Sylvie Rouat**

REPÈRES

MARINER 10. La sonde américaine est la première à avoir survolé Mercure, par trois fois en 1974 et 1975. Elle a cartographié 45 % de sa surface et mis en évidence un champ magnétique.

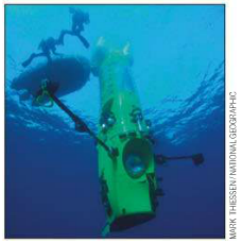
BEPI COLOMBO. Cette mission européenne prévoit d'envoyer deux sondes vers Mercure : l'une la cartographiera, l'autre étudiera sa magnétosphère. Lancement prévu en 2014, mise en orbite en 2020.

OCÉANOLOGIE

Cameron touche le fond des Mariannes

Le 26 mars 2012, James Cameron est devenu le premier homme à atteindre en solitaire le plancher de la fosse océanique des Mariannes, la plus profonde de la planète, à -10 898 mètres *(lire* S. et A. *n° 782, avril 2012)*. Il renouvelle ainsi le record du Suisse Jacques Piccard et de l'Américain Don Walsh, qui avaient plongé en duo dans cette même fosse en 1960. Pour réaliser son exploit, le réalisateur de *Titanic* a embarqué à bord du bathyscaphe *Deepsea Challenger*, propulsé verticalement par 12 hélices motorisées. Ses flancs sont équipés de projecteurs à diodes, de huit caméras haute définition et d'un bras téléguidé pour prélever des échantillons.

Enfermé dans une sphère d'acier inconfortable de 1,09 m de diamètre, James Cameron a atteint le fond en deux heures et trente-six minutes et y est demeuré trois heures (contre vingt minutes pour ses prédécesseurs). Le temps d'effectuer des prises de vue en 3D d'un paysage qu'il a qualifié de *« lunaire »*. Il n'a en effet aperçu aucun être vivant, hormis quelques crevettes. Son séjour devait durer six heures mais le Canadien l'a écourté en raison d'une fuite hydraulique faisant craindre la perte de contrôle du sous-marin. La remontée s'est néanmoins déroulée sans encombre, en une heure et dix minutes. Cependant, l'un des objectifs initiaux, la collecte d'échantillons biologiques et géologiques, n'a pu être atteint. Mais d'autres plongées du *Deepsea Challenger* sont d'ores et déjà prévues. Une nouvelle ère de l'exploration océanographique profonde s'ouvre. **S. R.**

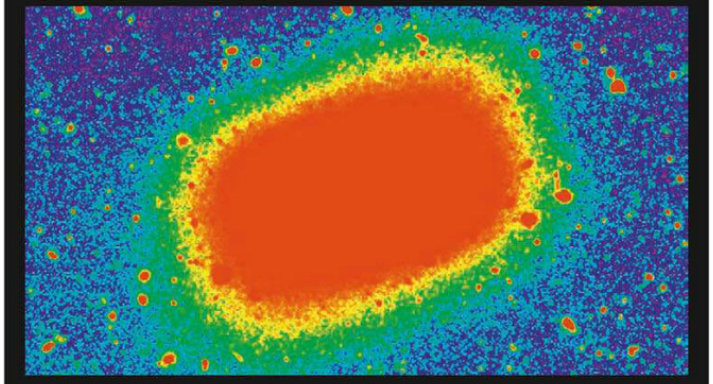


MARK THIESSEN/NATIONAL GEOGRAPHIC

« Deepsea Challenger » mesure 7,3 mètres et pèse 11,8 tonnes.

EN IMAGE

La galaxie émeraude



SWINBURNE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Une galaxie taillée comme une émeraude : c'est la surprenante découverte réalisée à l'aide du télescope japonais Subaru, à Hawaii. En étudiant la galaxie géante NGC 1407, à 70 millions d'années-lumière de nous dans la constellation de l'Eridan, une équipe internationale d'astronomes a aperçu sur les bords de l'image un étrange objet rectangulaire. Baptisée Leda 074886, cette galaxie naine était restée inaperçue du fait de sa faible luminosité. Selon Alister Graham, de l'université de Swinburne (Australie), premier auteur de l'article paru dans *The Astrophysical Journal*, l'existence de ce type d'objet était imprévisible. Il provient peut-être de la collision de deux galaxies spirales. Ou d'une illusion d'optique ! S. R.

NASA

Pluies millénaires sur Titan

Les averses dantesques sur Titan, la grosse lune de Saturne, surviendraient de manière cyclique d'après l'analyse des observations réalisées par la sonde Cassini en 2004 et 2010. La Terre et Titan sont les seuls corps du système solaire à subir des intempéries, même si sur la lune saturnienne, c'est du méthane qui tombe et non de l'eau. Toutefois, les pluies sur Titan, qui s'écoulent en torrents et alimentent des lacs, ne se produisent en moyenne que tous les mille ans.

Le chiffre

► 14 MÈTRES

C'est le niveau de la hausse brutale qu'ont connue les océans marins en seulement 350 ans, il y a quelque 14 600 ans. Cette élévation coïncide avec une période de réchauffement qui marqua la fin de la dernière glaciation et entraîna la fonte de la calotte antarctique.

Glaciers racleurs

Les glaciers ont un pouvoir d'érosion 100 fois supérieur à ce que l'on pensait. Cette réévaluation, publiée dans la revue *Geology*, découle d'une mesure des débris de roches raclées par un ancien glacier du Groenland sur une surface de 600 km² : une couche d'un demi-centimètre d'épaisseur a été arrachée à chaque passage. De quoi façonner des fjords majestueux et tranchants.

www.sciencesetavenir.fr

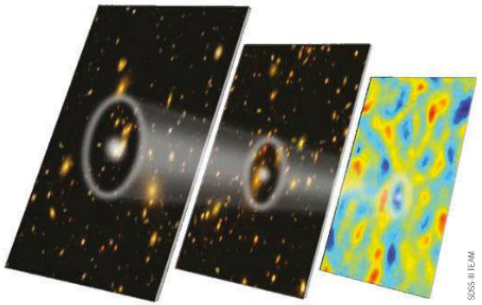
Qui a peur des mini-trous noirs ?

Que se passerait-il si un mini-trou noir heurtait la Terre ? Rien ou si peu, si l'on en croit une simulation numérique réalisée par des chercheurs de l'université de Princeton (Etats-Unis). Prédits par la théorie, les trous noirs primordiaux se seraient formés peu après le Big Bang (*lire aussi p. 80*). S'ils existent réellement, de tels objets de la masse d'un astéroïde, mais du diamètre d'un noyau d'atome, pourraient bien croiser le chemin de notre planète. Ils la traverseraient alors en une minute, ne provoquant qu'une légère secousse – d'une magnitude 4 sur l'échelle de Richter. Un tel événement ne se produirait qu'une fois tous les dix millions d'années en moyenne.

www.sciencesetavenir.fr

ASTROPHYSIQUE

Energie noire : la preuve par les galaxies



SDSS III TEAM

Ondes acoustiques (anneaux blancs) se propageant dans l'Univers primordial.

L'énergie noire existe ! Du moins c'est ce que nous disent les 264 000 galaxies étudiées par l'équipe internationale Boss (Baryon Oscillation Spectroscopic Survey). Il y a 6 milliards d'années, cette force mystérieuse a pris le dessus sur la gravité, entraînant une expansion accélérée de l'Univers. Sa nature demeure inconnue et son existence même est régulièrement remise en question.

Pour en avoir le cœur net, les chercheurs ont installé un spectrographe à l'observatoire d'Apache Point (Etats-Unis). Depuis 2009, il mesure la distance qui nous sépare des autres galaxies. Les scientifiques ont ainsi fait apparaître un étrange phénomène : la majeure partie des galaxies semblent être séparées par un même intervalle de 500 millions d'années-lumière. Cette donnée témoigne d'un des premiers épisodes de l'histoire du cosmos. Dans l'Univers primordial, des ondes de pression acoustique se sont propagées, répartissant régulièrement les grumeaux de matière plus dense. Des milliards d'années plus tard, ces grumeaux sont devenus des galaxies qui ont conservé leur espacement régulier. Cette distance de 500 millions d'années est exactement celle prédite par les modèles incluant l'influence de l'énergie noire. Celle-ci serait donc indispensable pour expliquer l'Univers tel que nous l'observons aujourd'hui. L'expérience Boss se poursuivra jusqu'en 2014, afin de mesurer la distance d'un million et demi de galaxies. **S. R.**

En partenariat avec
SCIENCES ET AVENIR

Photo : Christophe Abramowitz

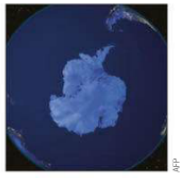
Retrouvez
Marie-Odile Monchicourt
dans sa chronique
Info Sciences
les lundis, mercredis, jeudis et vendredis

france info
france-info.com

OCÉANOGRAPHIE

Eaux en péril au large de l'Antarctique

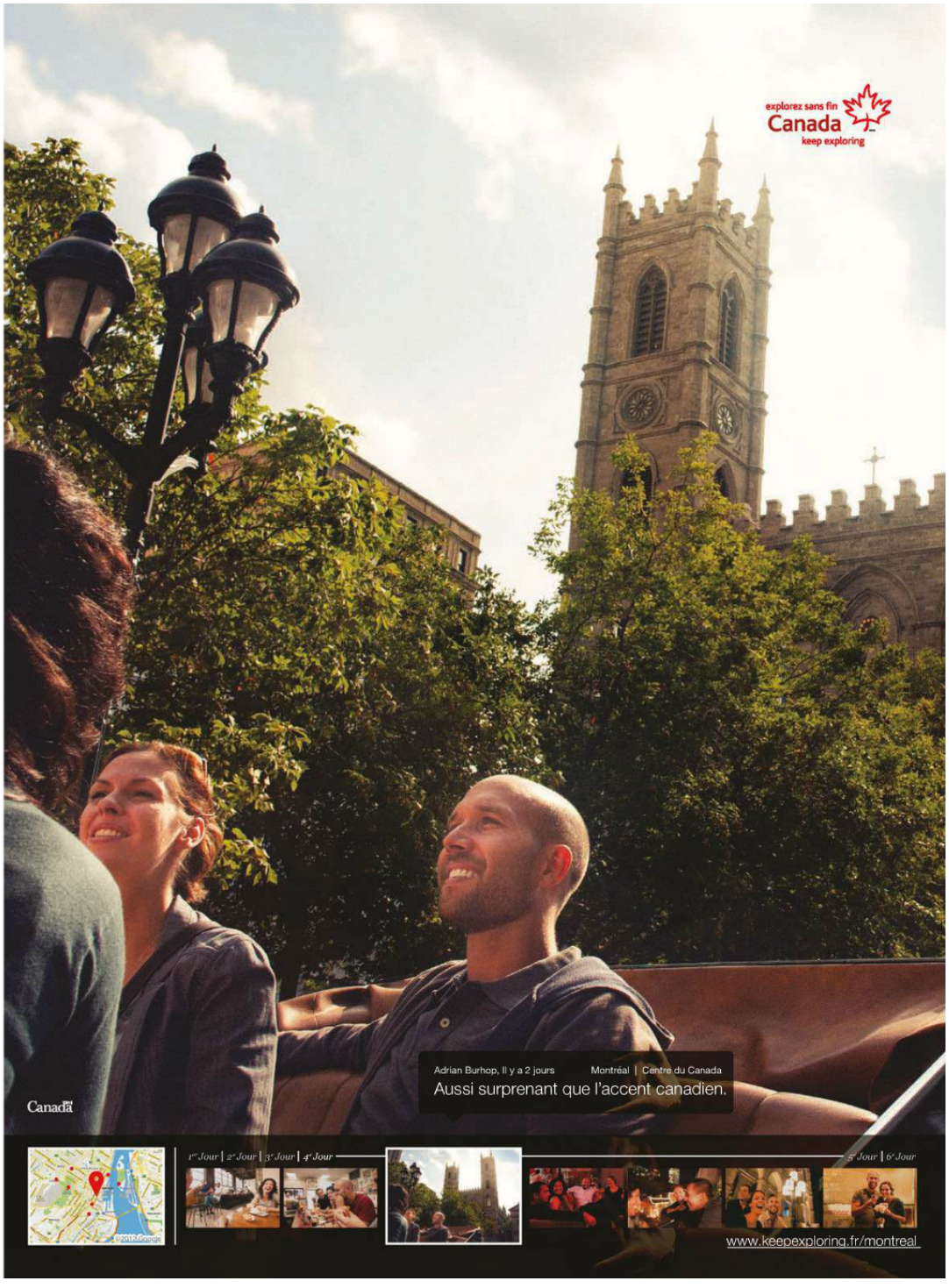
Les eaux antarctiques de fond (EAF) sont en péril : ces eaux profondes, qui jouent un rôle crucial dans le transport de chaleur global et dans le cycle du carbone, perdraient 8,2 millions de mètres cubes en moyenne chaque seconde depuis trente ans. Ce constat alarmant, publié dans le *Journal of Climate*, s'appuie sur des données recueillies au cours d'expéditions océanographiques internationales menées entre 1980 à 2011.



AFP

L'Antarctique vue par satellite, de nuit.

Les eaux profondes, qui tapissent le plancher des bassins océaniques autour du continent blanc, se renouvellent chaque hiver lorsque les eaux polaires de surface se refroidissent, notamment en mer de Weddell. La formation de la banquise rejette alors de grandes quantités de sel, qui densifie l'eau de mer refroidie à une température inférieure à 0 °C. Celle-ci chute alors comme une cascade vers les grands fonds pour s'échapper vers les bassins alentour, se glissant sous les masses d'eau plus chaudes. Leur disparition progressive est-elle un phénomène cyclique ou une tendance à long terme ? La question est posée. **S. R.**



PHYSIQUE

Du rififi chez les chasseurs de particules

Deux responsables d'Opera, l'expérience ayant conclu que les neutrinos allaient plus vite que la lumière, ont démissionné. Du jamais vu.

Confusion chez les physiciens des particules : deux responsables de l'expérience Opera, à l'origine de la spectaculaire annonce selon laquelle les neutrinos iraient plus vite que la vitesse de la lumière *(lire* S. et A. *n° 771, novembre 2011)* ont démissionné de leurs fonctions ! Par ce geste, Antonio Ereditato, porte-parole de l'opération, et son collègue Dario Autiero, de l'Institut de physique nucléaire de Lyon et coordinateur de la physique pour l'expérience, ont pris acte de la motion de défiance votée fin mars par une majorité des membres de la collaboration. Du jamais vu dans le milieu de la physique des particules, alors qu'aucune fraude scientifique n'a été relevée.

Ce coup de théâtre arrive dans un contexte très agité : deux résultats coup sur coup ont en effet invalidé la vitesse supraluminique des neutrinos. Le premier, en mars, est celui de l'expérience Icarus, située dans un tunnel mitoyen au laboratoire du Gran Sasso (Italie) et utilisant le même faisceau qu'Opera. Parmi ses responsables, figure Carlo Rubbia (prix Nobel 1984). Seconde expérience : *« un flux naturel de particules cosmiques traverse à la fois Opera et le LVD voisin (Large Volume Detector)*, explique Thierry Stolarczyk, du Commissariat à l'énergie atomique. *Il a permis de comparer la mesure du temps dans chacune des deux expériences et de montrer que l'horloge d'Opera avançait sur celle de LVD. »* Preuve, s'il en était encore besoin, d'une anomalie dans les installations d'Opera. L'équipe d'Opera poursuit néanmoins ses vérifications après avoir rectifié la fibre optique incriminée dans la première mesure. *« Il nous faut aller au bout de nos investigations pour être tout à fait sûrs de l'origine de l'anomalie*, explique Dominique Duchesneau, du Laboratoire de physique des particules, à Annecy-le-Vieux. *Nous aurons les résultats à la fin du mois de mai. »*

Comment expliquer dès lors le vote de défiance ? *« C'est, semble-t-il, la mauvaise gestion de la communication envers le grand public qui leur est reproché »*, estime Thierry Stolarczyk. Les résultats ont en effet été divulgués avant même que l'article ne soit soumis à une revue scientifique pour validation. Les deux démissionnaires se sont alors sentis obligés de communiquer en raison du très fort impact médiatique de leurs résultats. La déontologie aurait voulu qu'ils communiquent après.

Azar Khalatbari

PHOTOS : ALBERTO PIZZOLI/AFP ; G. SERRI ; INFN BOLOGNA

Une mauvaise connexion (ci-contre) sur le détecteur Opera (ci-dessus) aurait faussé les mesures de vitesse des neutrinos.

CHRONOLOGIE

LE 23 SEPTEMBRE 2011, la collaboration Opera dépose un article relatant l'observation des neutrinos superluminiques sur une base informelle d'articles.

LE 18 NOVEMBRE 2011, la collaboration confirme ses premiers résultats.

LE 23 FÉVRIER 2012, deux sources d'erreurs possibles sont identifiées.

MARS 2012, les résultats des expériences Icarus et LVD (Large Volume Detector) apportent un démenti.

NOUVEAU **CITROËN C4 AIRCROSS**

4X4 à la demande c'est pouvoir choisir son mode de transmission selon les conditions d'adhérence. Au volant du Nouveau Citroën C4 Aircross vous ne subissez plus la route, vous déterminez votre style de conduite en passant de deux à quatre roues motrices d'un simple geste. Avec ce SUV compact et dynamique, la liberté est votre seule destination.

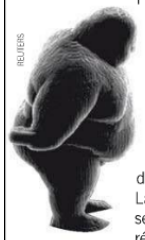
CRÉATIVE TECHNOLOGIE

CITROËN

Modèle présenté : Nouveau Citroën C4 Aircross HDi 150 4X4 Exclusive avec peinture métallisée et Pack toit vitré panoramique (38 690 €). (1) Somme restant à payer pour l'achat d'un Nouveau Citroën C4 Aircross 1.6i 4X2 Attraction neuf, hors option, déduction faite de 3 210 € de Prime Verte Citroën pour la reprise d'un véhicule de plus de 8 ans. Offre non cumulable, réservée aux particuliers, valable jusqu'au 30/04/12 dans le réseau Citroën participant. Consommations mixtes (norme CEE 99-100) et émissions de CO_2 de Nouveau Citroën C4 Aircross de : 4,6 à 5,9 l/100 km et de 119 à 147 g/km.

Microsculpture à grande vitesse

Quelques minutes suffisent aux chercheurs de l'université de Vienne (Autriche) pour réaliser une sculpture d'à peine quelques dixièmes de millimètre, avec des détails de quelques micromètres. La réalisation se fait couche après couche, avec une résine liquide qui durcit sous l'effet de deux rayonnements laser. Pour accélérer le processus, les scientifiques font bouger les miroirs qui guident ces rayonnements, et la résine contient des activateurs de polymérisation. La technique semble mure pour réaliser des dispositifs médicaux avec des résines biocompatibles.



REUTERS

La figurine fait quelques dixièmes de millimètre.

www.sciencesetavenir.fr

MATÉRIAUX

Fabriquer du ciment propre devient possible

Construire en béton n'est pas bon pour le climat : la fabrication d'une tonne de son ingrédient clé, le ciment, émet près d'une tonne de CO_2. L'industrie cimentière est ainsi responsable de 5 % des émissions mondiales de ce gaz à effet de serre. Des scientifiques américains viennent de proposer une nouvelle méthode de fabrication émettant 97 % de CO_2 en moins. Pour arriver à un tel résultat, il a fallu penser à une réaction chimique totalement différente de celle à la base du ciment type Portland, créé en 1824, le plus répandu actuellement. Ce dernier est formé à partir de calcaire et d'argile chauffés à 1500 °C. Ce sont le chauffage mais aussi la réaction chimique elle-même qui émettent le CO_2. Le nouveau ciment, lui, ne nécessite aucun chauffage : il est formé à partir d'un mélange de calcaire broyé et de « laitier », un sous-produit de l'industrie sidérurgique contenant des oxydes de silice et d'alumine, ainsi que d'un « activateur » pour dissoudre le laitier.

GETTY IMAGES

Le nouveau ciment est fabriqué avec 97 % d'émissions de CO_2 en moins.

« Du calcaire broyé ou du laitier sont parfois ajoutés au ciment Portland, mais à hauteur de 30 % au maximum, indique Guillaume Habert, chercheur au Laboratoire central des Ponts et Chaussées, à Paris. *Ici, ces composés sont utilisés comme ingrédient principal. »* Dans le Portland, la principale réaction chimique est l'hydratation, tandis que les ciments à base de silice et d'alumine forment des polymères.

Ce ciment pourrait-il remplacer le Portland ? Son prix, de 40 % inférieur selon les auteurs, en fait un matériau prometteur. Côté propriétés, *« le laitier résiste peu aux attaques par le CO_2 de l'air, et ce ciment devrait donc être moins protecteur vis-à-vis des armatures en acier*, estime Guillaume Habert. *En revanche, les ciments à base de silice et d'alumine possèdent une bonne cohésion et sont plus résistants aux incendies. »* **C. M.**

RETROUVEZ L'INTÉGRALITÉ DE VOTRE MAGAZINE EN VERSION NUMÉRIQUE. POUR ÊTRE INFORMÉ OÙ QUE VOUS SOYEZ.

L'APPLICATION DE SCIENCES ET AVENIR EST DISPONIBLE POUR IPAD, IPHONE ET SUR APPAREILS ANDROID. DÉCOUVREZ ÉGALEMENT LA VERSION NUMÉRIQUE SUR PC ET MAC.

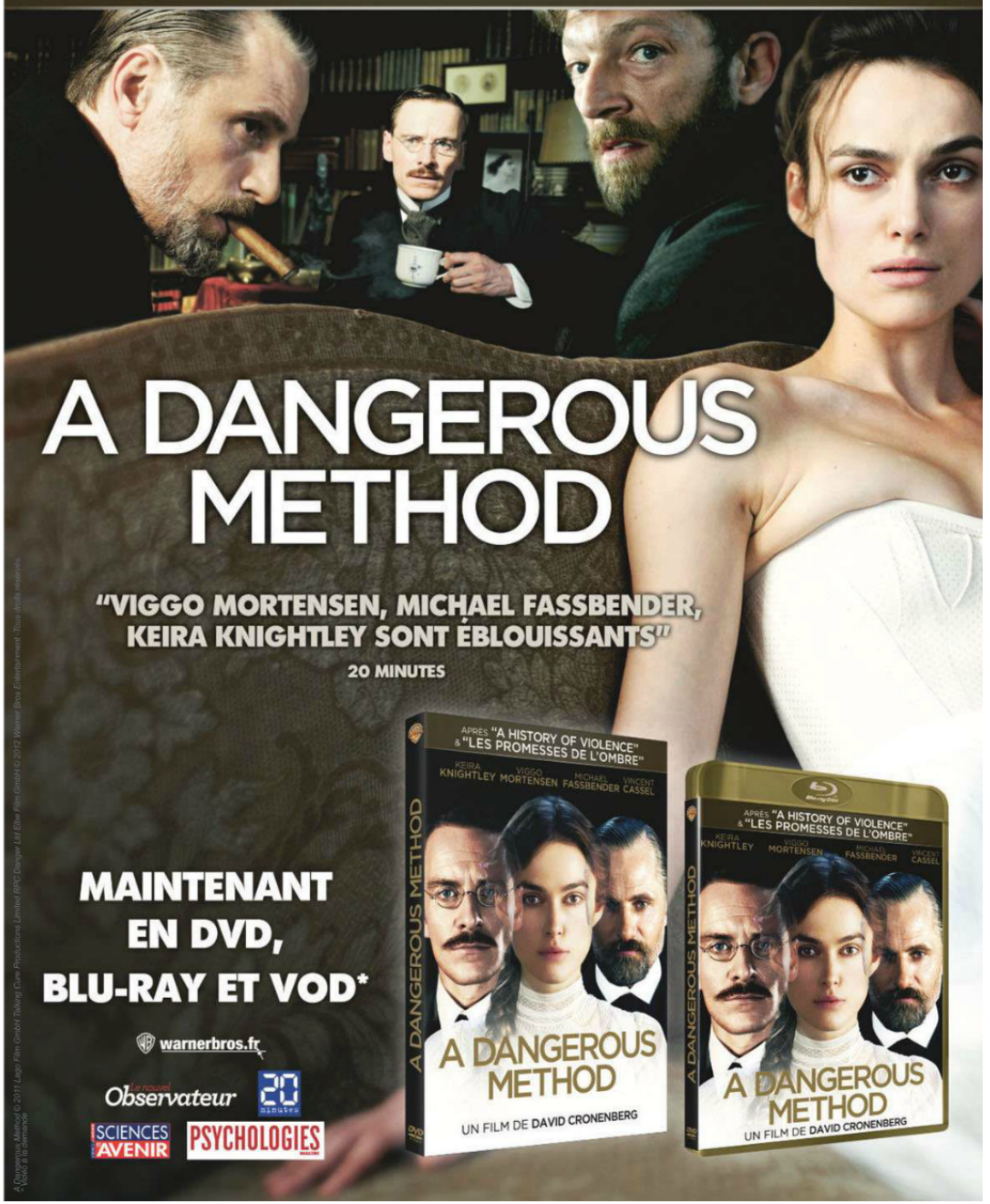
NEUROSCIENCES

Les captchas mettent en échec la machine

Quiconque s'est identifié sur un site Internet ou y a effectué un achat s'est retrouvé confronté aux « captchas », ces lettres ondulantes et aléatoires *(photo)* destinées à distinguer un humain d'un robot. Mais comment sommes-nous capables de les décrypter en quelques secondes quand aucun algorithme n'y parvient encore ? Selon des chercheurs du Laboratoire de psychologie cognitive de Marseille, notre cerveau possède la faculté de reconnaître très rapidement un sous-ensemble de lettres malgré d'importantes déformations. Les chercheurs ont demandé à des volontaires de classer très vite des chaînes de caractères comme « vrai mot » ou bien « sans signification ». Les lettres étaient parfaitement lisibles mais précédées, durant une fraction de milliseconde, d'un captcha. Lorsque celui-ci représentait le même mot que celui qui apparaissait ensuite, les participants répondaient plus vite et se trompaient moins. *« Les humains extraient déjà de l'information des mots déformés alors qu'ils en sont complètement inconscients »*, expliquent Thomas Hannagan et ses collègues dans l'article publié dans la revue en ligne *PLoS ONE*. Sans doute en associant la forme générale du mot à un mot que l'on connaît, ce que l'ordinateur ne sait pas faire efficacement. **J. C.**

DR

APRÈS "A HISTORY OF VIOLENCE" & "LES PROMESSES DE L'OMBRE"
LE NOUVEAU FILM DE DAVID CRONENBERG



A Dangerous Method © 2011 Lago Film GmbH Talking Cure Productions Limited RPC Danger Ltd Elbe Film GmbH © 2012 Warner Bros Entertainment. Tous droits réservés. Vidéo à la demande

Eolienne intelligente

Pour tirer le maximum d'électricité des éoliennes, il faut qu'elles s'adaptent aussi bien aux petites risées qu'aux grands vents. Aujourd'hui, les réglages des angles des pales ou du multiplicateur (l'équivalent d'une boîte de vitesses) sont définis à l'aide de modèles décrivant leur comportement. Des chercheurs chinois proposent de laisser les éoliennes se régler elles-mêmes, en utilisant un processus d'auto-apprentissage.

Le chiffre

► 8

TÉRAÉLECTRONVOLTS

c'est la puissance du faisceau délivré par le LHC au Cern depuis avril, au lieu des 7 TeV qui ont permis d'entrevoir fin 2011 l'ombre du boson de Higgs *(lire* S. et A. *n° 779, janvier 2012)*. Cette valeur correspond à l'énergie d'un moustique en vol concentré dans une particule subatomique.

Le nain physicien

En Grande-Bretagne, au Japon ou au Mexique, notre poids n'est pas le même. C'est la leçon de physique de Kern, un nain de jardin qui a voyagé à travers le monde, avec sa balance de précision *(photo)* et une équipe de physiciens allemands. En cause, la gravité terrestre qui ne s'exerce pas de manière égale sur toute la surface du globe. Ainsi, le poids du nain a varié d'environ 0,5 % selon son lieu de séjour. Il était plus léger en Inde et plus lourd en Antarctique.

www.gnome experiment. com

www.sciencesetavenir.fr

CHIMIE

Coca revoit sa recette américaine

MEIGHELIA/SIPA

Le Coca produit en Europe conserve ses colorants d'origine.

Aux Etats-Unis, Coca-Cola vient de demander à ses fournisseurs de colorants de modifier leurs procédés car ils conduisent à la production d'une molécule potentiellement cancérogène que l'on retrouve dans le soda. Et en Europe ? Rien. Pourtant, les colorants sont les mêmes : des caramels utilisés pour donner au Coca comme à certaines bières et sauces de soja leur aspect brun. En réalité, ce n'est pas le caramel en lui-même qui est pointé du doigt, mais une autre molécule qui apparaît lors de sa fabrication : le 4-méthylimidazole ou 4-MEI. Depuis 2007, ce 4-MEI est suspecté d'avoir un effet cancérogène. Le Programme américain de toxicologie (NTP) l'a montré sur des groupes de 50 rongeurs ayant une propension à développer des cancers du poumon lorsque leur nourriture contenait des taux élevés de 4-MEI. Sur cette base, l'Agence de protection environnementale californienne a fixé à 29 microgrammes par jour la quantité « sans risque significatif » pour le consommateur. Chaque produit au-delà de cette norme est contraint d'afficher un étiquetage mentionnant un risque cancérogène. Pas très vendeur… D'où la volonté de Coca de modifier sa recette.

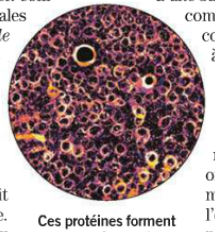
Pourquoi l'entreprise ne fait-elle pas de même en Europe ? Car la quantité légalement tolérée est 160 000 fois supérieure pour une personne de 60 kg ! L'Autorité européenne de sécurité des aliments (Efsa) a en effet fixé la dose « sans effet » à 80 mg/kg/jour. Le mécanisme de cancérogenèse de la molécule étant mal connu, les deux organismes de santé n'ont pas appliqué le même modèle mathématique aux données obtenues sur les rongeurs. Avec, à la clé, des extrapolations à l'homme totalement différentes. Le modèle américain *« surévalue largement les risques »*, assure Jean-François Narbonne, toxicologue à l'Anses, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation. Mais en acceptant de changer de formule, Coca-Cola a jeté le trouble. **C. D.**

BIOPHYSIQUE

La danse collective des protéines

Les êtres vivants ne sont pas les seuls à s'organiser dans l'espace : les biomolécules peuvent former d'étonnantes structures sans aucune intervention extérieure. Une équipe de physiciens et biologistes franco-japonais spécialistes des systèmes complexes vient de le montrer avec des protéines. A partir d'une certaine concentration, elles entrent spontanément en collision et finissent par former des spirales et des tourbillons. *« C'est la clé de la complexité biologique, où un ordre spécifique émerge d'un ensemble* a priori *désordonné »*, s'enthousiasme Hugues Chaté du service de physique de l'état condensé du Commissariat à l'énergie atomique.

Certes le phénomène ne se produit pas avec n'importe quelle molécule. Les chercheurs ont ici choisi deux formes protéiques, l'une complexe (des dynéines) et l'autre en filaments (des tubulines). Ce sont ces dernières qui adoptent un mouvement collectif à l'instar d'un banc de poissons ou d'un vol d'étourneaux *(lire* S. et A. *n° 735, mai 2008)*.


Y. SUMINO ET AL/NATURE

Ces protéines forment spontanément des spirales et des tourbillons.

Comment expliquer la formation de telles figures ? Les chercheurs expliquent qu'accrochées à une surface, les dynéines se comportent comme des moteurs moléculaires qui conduisent les filaments de protéines à se déformer et à adopter une forme de spirale. Puis, ces structures sphériques s'entrechoquent. A l'échelle centimétrique, tout se passe comme si les filaments se déplaçaient de manière organisée. On peut supposer que des mécanismes similaires sont à l'œuvre dans les cellules vivantes, notamment au niveau des membranes cellulaires. **A. K.**

CHIMIE

Du bois dont on fait la cathode

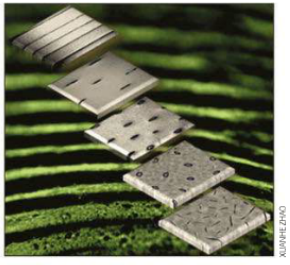
Deux chercheurs polonais et suédois ont fabriqué une électrode positive (cathode) pour batterie à partir de lignine, un constituant du bois. En faisant réagir la « liqueur brune », un sous-produit de la fabrication de pâte à papier contenant un dérivé de la lignine, avec une molécule nommée pyrrole, le duo obtient un composite formé de deux polymères entremêlés, la lignine et le polypyrrole. Ce composite est capable de perdre un proton, et de stocker à la place une charge électrique positive. Il peut donc être utilisé comme électrode positive.

Le but n'est pas de concurrencer les électrodes des batteries actuelles, mais d'en fabriquer de beaucoup moins chères et moins toxiques, même si elles sont un peu moins performantes que les modèles existants. En effet, même si la quantité d'énergie stockée par la nouvelle électrode est satisfaisante (70 à 75 milliampères par heure/gramme, soit la moitié de l'énergie stockée par les cathodes des batteries lithium-ion), elle a un inconvénient majeur : elle se décharge spontanément. Au bout d'une demi-heure, il reste moins de la moitié de la charge initiale.

Toutefois les deux chercheurs restent optimistes : *« Nous observons des performances très différentes selon l'origine et le traitement de la lignine. Il y a donc de grandes chances de pouvoir améliorer ces électrodes. »* Avec l'espoir d'en équiper à terme des batteries destinées au stockage d'énergies renouvelables. **C. M.**

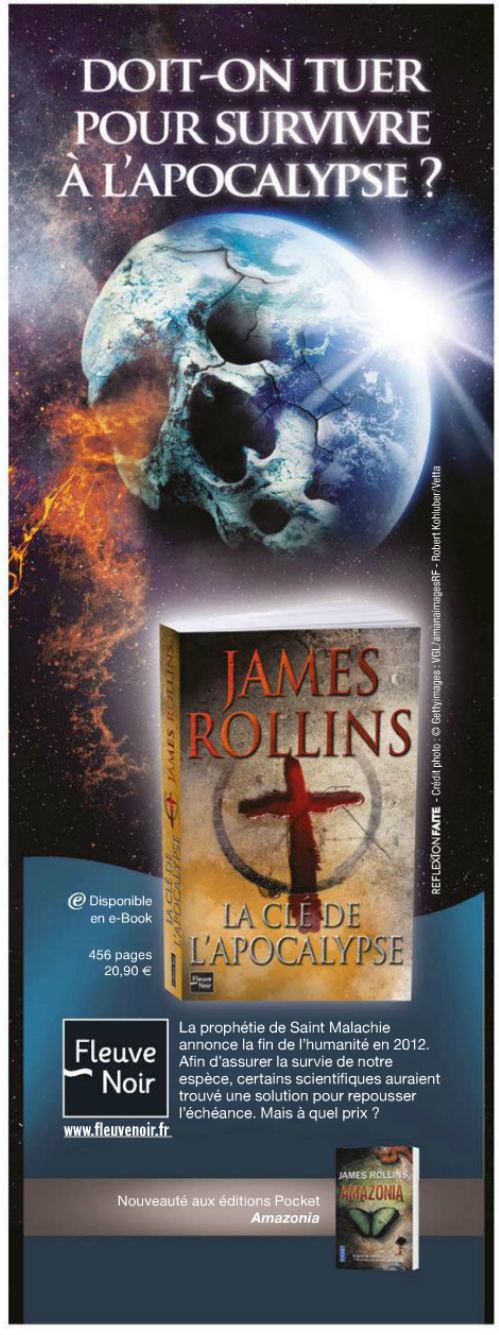
MATÉRIAUX

Un polymère à la rugosité ajustable


XUANHE ZHAO

La surface change selon la tension électrique.

Il manque encore une propriété aux écrans tactiles qui ont envahi l'électronique grand public, la texture. Peut-être plus pour longtemps : des chercheurs de l'université Duke, aux Etats-Unis, ont conçu une technique pour changer à volonté les reliefs à la surface d'un polymère, rendant ce dernier plus ou moins rugueux. Ils ont déposé un film de polymère sur une plaque rigide, et placé deux électrodes de part et d'autre. Lorsqu'ils augmentent la tension électrique entre ces électrodes, le film de polymère est comprimé. Au-delà d'une certaine tension électrique, il se plisse et forme des replis disposés aléatoirement. Lorsque la tension augmente encore, ces plis deviennent des cratères, dont la taille varie du micromètre au millimètre selon la tension appliquée. Et lorsque l'on coupe le courant, la surface redevient lisse. Les chercheurs ont même réussi à aligner les plis et les cratères, en étirant le film avant de lui appliquer un courant. Nom de cette technique à surveiller : « lithographie électrostatique dynamique ». **C. M.**



PRÉHISTOIRE

Chine : une nouvelle espèce humaine présumée

Selon une étude australo-chinoise, les fossiles de Longlin et Maludong, vieux d'au moins 11 000 ans, ne correspondraient à aucune population connue. Des résultats contestés.

Le crâne mis au jour en 1979 dans la grotte de Longlin (Chine) pourrait appartenir à une population ayant vécu en Chine jusqu'à la fin de la période glaciaire (ci-contre, illustration basée sur les fossiles).

Des os fossiles vieux de 11 500 à 14 300 ans retrouvés dans le sud de la Chine : appartiennent-ils à une nouvelle espèce humaine ? C'est la question que vient de poser une équipe australo-chinoise après la première étude complète d'un crâne découvert en 1979 dans la grotte de Longlin, dans la province du Guangxi, et celle d'ossements exhumés en 1989 sur le site de Maludong (la grotte du Cerf rouge), près de la ville de Mengzi, dans le sud-est du Yunnan.

Avec ses os épais, ses arcades sourcilières proéminentes, son visage plat et court, ses grosses dents mais son menton moderne, le crâne chinois serait anatomiquement unique en Eurasie, selon Darren Curnoe, de l'université de Nouvelle-Galles-du-Sud, à Sydney (Australie). Il présenterait, associé à des traits modernes, une mosaïque inhabituelle de caractéristiques archaïques semblables à celles observées en Afrique chez des hommes de la fin du pléistocène. Pour les auteurs de l'article, ces restes humains pourraient être ceux d'une population inconnue jusqu'à présent, ayant vécu en Chine jusqu'à la fin de la période glaciaire, il y a 11 000 ans. Ne correspondant à rien de décrit à ce jour, les hommes de Longlin et Maludong auraient disparu au moment même où les hommes modernes commencaient à pratiquer l'agriculture en Chine. Sortis d'Afrique bien avant que les premiers hommes modernes ne se dispersent en Eurasie, ils n'auraient pas contribué génétiquement aux populations actuelles. Ces représentants correspondraient donc à une lignée disparue, qui aurait évolué dans l'est de l'Asie en marge de notre espèce.

D'autres paléoanthropologues ont un avis différent sur la question. Ils suggèrent un lien avec les énigmatiques hominidés dénisoviens identifiés en mars 2010 en Russie, dans l'Altaï *(lire* S. et A. *n° 759, mai 2010)*. Pour d'autres encore, les différences anatomiques évoquées ne seraient pas suffisantes pour qualifier ces trouvailles de nouvelle espèce… *« Ces découvertes vont dans le sens d'une complexité bien plus grande que celle proposée par le scénario classique du Out of Africa »*, conclut Eric Boeda, préhistorien français au CNRS et spécialiste de la Chine.

Des analyses génétiques devraient être entreprises pour percer cette énigme. A condition de réussir à recueillir de l'ADN. Trois laboratoires d'analyse d'ADN anciens sont actuellement à l'œuvre. Sans succès pour le moment.

Bernadette Arnaud

PHOTOS : PETER SCHOUTEN - DARREN CURNOE

REPÈRES

PLÉISTOCÈNE. Epoque géologique du quaternaire s'étendant de -2 500 000 à -12 000 durant laquelle les hominoïdes ont évolué et les *Homo sapiens* sont apparus.

DÉNISOVIENS. Espèce humaine décrite en 2010 à partir de l'analyse génétique d'une phalange et de dents vieilles de 50 000 ans. Ces vestiges avaient été mis au jour en 2008, à Denisova dans l'Altaï.

ARCHÉOZOOLOGIE

Nos vaches descendent d'un troupeau iranien

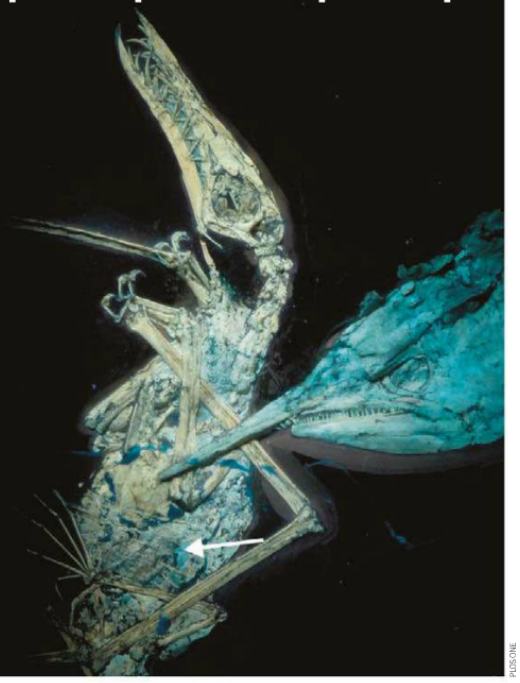
Charolaises, montbéliardes, ou holstein, tous les bovins taurins modernes (sans bosse) – ce qui exclut les zébus, de lignée différente –, seraient issus d'un petit groupe de 80 vaches domestiquées au Moyen-Orient, à partir d'une espèce sauvage de nos jours éteinte l'aurochs *(Bos primigenius)*, il y a 10 500 ans. L'équipe internationale à l'origine de ce résultat, publié dans la revue *Molecular Biology and Evolution*, a procédé à des analyses génétiques à partir d'ossements de bovinés recueillis sur une quinzaine de sites archéologiques du nord-est de l'Iran, et en particulier à Sang-i-Qaxmar. Les séquences d'ADN mitochondrial ancien, obtenues pour la première fois, ont été comparées à celles de bétail vivant aujourd'hui. Une collecte de données qui s'est révélée complexe. *« Il est en effet plus facile de recueillir de l'ADN de mammouth*, explique Jean-Denis Vigne, archéozoologue au Muséum national d'histoire naturelle de Paris et responsable destravaux. *Conservé dans le froid, il n'a pas la fragilité de l'ADN retrouvé dans des zones arides, que la chaleur détruit. »*

En utilisant des modélisations informatiques, les scientifiques sont parvenus à les bovins actuels descendent de ce petit groupe de vaches domestiques. *« Une adaptation qui s'était faite sur des siècles et des siècles »*, poursuit le spécialiste. En 2002, l'Institut de recherche international sur le bétail (Ilri), à Nairobi (Kenya), concluait à une domestication indépendante des bovins au nord-est de l'Afrique, il y a 10 000 ans *(lire* Sciences et Avenir *n° 664, juin 2002)*. Une hypothèse remise en question pour les lignées taurines. **B. A.**

EN IMAGE

Le poisson qui attrape un dino qui attrape un poisson

C'est une scène de prédation inédite. De double prédation même. L'image arrêtée a été fixée à jamais en un instantané fossile, piégé au fond des eaux d'un lac, dans ce qui deviendrait 120 millions d'années plus tard la Bavière. Tandis qu'il était en train d'avaler le petit poisson qu'il venait de pêcher *(flèche blanche)*, un ptérosaure s'est fait attraper par un gros poisson carnivore. Mal en a pris à ce dernier : le reptile volant s'est débattu si violemment que la confrontation eut sans doute la peau de tout le monde. Tous trois coulèrent. Dans les profondeurs dénuées d'oxygène, nul n'a pu festoyer des restes de cette incroyable scène de chasse en Bavière. **H. R.**



PLOS ONE

Le plus vieux texte du Nouveau Testament

Un fragment de papyrus aurait été authentifié comme étant un fragment de l'Evangile selon saint Marc. D'après les paléographes qui l'ont étudié, il daterait d'avant l'an 100 de notre ère, et serait donc le plus ancien témoin du Nouveau Testament découvert à ce jour. Il détrônerait un fragment de l'Evangile selon saint Jean, découvert en Egypte en 1920 et daté entre 100 et 150.

Le chiffre

► 30 FEMMES

Selon une étude publiée dans les *Proceedings of the Royal Society*, presque tous les Malgaches actuels seraient les descendants d'un groupe très restreint de femmes (environ 30). La plupart de ces ancêtres seraient d'origine indonésienne (93 %), et seraient arrivées dans la Grande Ile il y a 1200 ans.

Homo exterminator

La colonisation de l'Australie par les *Homo sapiens* il y a 45 000 ans est-elle à l'origine de l'extermination des grands mammifères sur l'île-continent ? Débat ancien, celui-ci semble cette fois trouver un épilogue. Des analyses sédimentologiques, réalisées dans le nord du Queensland sur les derniers 130 000 ans, ont permis de suivre la variation de *Sporormiella*, un petit champignon prospérant dans les déjections des grands herbivores. La chute radicale de leur présence dès -41 000 ans confirmerait, selon Susan Rule, de l'université nationale australienne, l'impact humain sur la disparition de la mégafaune australienne.

www.sciencesetavenir.fr

Version à petite échelle d'une « tour accordéon ». Les panneaux inclinés permettent de capter davantage d'énergie.

ATTILIO PINSUWANNAWAT

ENERGIE

Les panneaux solaires changent de dimension

Une équipe du MIT a mis au point des capteurs en 3D aux rendements spectaculaires : l'énergie générée serait deux à vingt fois supérieure à celle des panneaux plats.

Le concept de la 3D gagne le solaire photovoltaïque : l'équipe de Jeffrey Grossman, du Massachusetts Institute of Technology (MIT), à Cambridge (Etats-Unis), a développé un nouveau concept de capteurs solaires en trois dimensions. Au lieu d'être plats comme les panneaux classiques, ces modules adoptent des formes de cube ou de tours,.

Les chercheurs américains ont commencé par tester ces nouvelles géométries avec des simulations numériques. Puis, ils ont validé leurs idées sur le toit de leur propre laboratoire. Résultat : la densité énergétique, c'est-à-dire la quantité d'électricité produite ramenée à la surface de panneaux solaires (qui se mesure en kilowattheure par mètre carré), a été deux à vingt fois supérieure à celle obtenue avec un panneau plat !

Ces travaux, publiés dans la revue *Energy & Environmental Science*, ont de quoi surprendre, tant les scientifiques butent sur le développement de nouveaux matériaux afin d'augmenter les rendements de quelques centièmes (rendements qui ne dépassent pas aujourd'hui 15 % à 20 %). C'est que l'approche du MIT est radicalement différente. Plutôt que de jouer sur les performances des matériaux, les chercheurs ont décidé de s'attaquer à l'optimisation de la géométrie afin de capter au mieux le soleil. C'est un algorithme sophistiqué qui les a conduits à ajouter une dimension et à étudier une multitude de configurations. Par exemple, un simple cube ouvert sur le dessus double la génération d'énergie par rapport à un panneau classique (2,27 Wh contre 1,01 Wh). Mieux, la génération d'énergie par temps clair un jour d'hiver est 21,5 fois plus importante avec une tour dont les panneaux sont arrangés en accordéon – un concept imaginé pour faciliter le transport de ces modules qui seraient pré-assemblés pour être dépliés sur site. « *Les raisons pour lesquelles ces modules sont plus performants tiennent au fait que les surfaces verticales de la structure peuvent capter beaucoup plus d'énergie, le matin, le soir et l'hiver, quand le soleil est proche de l'horizon* », explique Marco Bernardi, l'un des coauteurs de l'étude.

Olivier Hertel

REPÈRE

VERS DES CENTRALES PLUS PUISSANTES. Avec ses 100 mégawatts (MW), la centrale Perovo I-V PV, en Ukraine, est actuellement la plus puissante au monde. En France, la plus grande centrale solaire est celle de Losse (Landes), inaugurée en 2011 et affichant une puissance de 67,2 MW. En moyenne, les centrales solaires photovoltaïques affichent aujourd'hui des puissances de l'ordre du mégawatt, soit 10^6 watts. Les chercheurs du MIT affirment que les panneaux 3D permettront à terme de créer des centrales solaires atteignant des puissances de l'ordre du térawatt, soit 10^{12} watts.

QUESTIONS À **HENRI VERDIER** Président du pôle de compétitivité Cap Digital

« L'usage des données est imprévisible »

DR

Les 10 et 11 mai, se tiendra à Paris la 5e Rencontre nationale des directeurs de l'innovation. L'un des thèmes forts à l'honneur cette année : les données massives ou *big data*.

Que se cache-t-il derrière ce mot de *big data* ?

On parle de *big data* quand on atteint un volume de données considérable qui nécessite des traitements puissants, sur le plan matériel, logiciel ou algorithmique. Ce sont par exemple les données recueillies par Facebook auprès de ses centaines de millions d'utilisateurs, qui sans cesse indiquent ce qu'ils font, quels sont leurs centres d'intérêt, etc. En analysant ces données, on parvient à maîtriser des phénomènes jusqu'alors invisibles.

Cela nous concerne-t-il directement ?

Oui, parce que nous produisons tous des données, et que nous sommes, ou serons, tous plus ou moins concernés par ce qui en sera fait. Par exemple, aux Etats-Unis, il est possible d'acheter auprès des opérateurs les traces des déplacements des téléphones mobiles. A partir de ces données, la société MoveSense sait définir des profils de personnes en fonction de leurs activités : ceux qui fréquentent tous les jours des restaurants, ou au contraire ceux qui sont assidus à la salle de gym, etc. Et de là, elle attribue à ces profils un risque plus ou moins élevé de diabète par exemple. Une information précieuse pour un laboratoire qui voudrait cibler ses clients potentiels en leur envoyant par SMS une publicité pour un médicament contre le diabète !

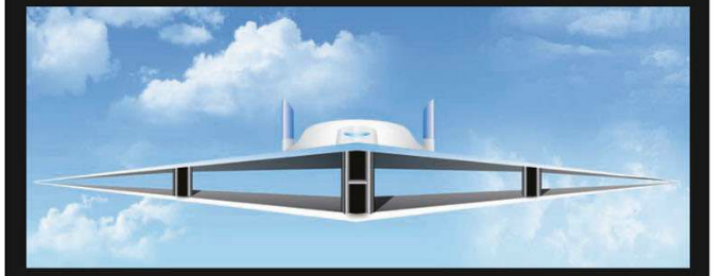
Et en France ?

La protection de la vie privée reste assez élevée. Par exemple, les opérateurs n'ont pas le droit de « tracer » un téléphone plus de quinze minutes. Mais d'autres sources comme Twitter ou Facebook, plus facilement accessibles, sont riches d'enseignements. En outre, le coût du traitement informatique est si bas aujourd'hui que de petites entreprises peuvent s'équiper pour analyser des données massives.

Propos recueillis par O. H.

EN IMAGE

Le supersonique sans le bang



COURTESY OF OBAYASHI LABORATORY, TOHOKU UNIVERSITY

Le Concorde aura-t-il jamais un descendant ? Le célèbre avion supersonique franco- britannique a cessé tout vol commercial en 2003, en raison notamment de son niveau sonore trop élevé et de son manque de rentabilité. Mais Qiqi Wang, chercheur au MIT (Etats-Unis), pense avoir trouvé la solution pour résoudre la plupart de ces problèmes : un avion supersonique biplan – c'est-à-dire avec deux ailes superposées. Selon les modélisations par ordinateur réalisées par ce spécialiste en aéronautique, cette géométrie réduit sensiblement la traînée, donc la consommation. Elle annulerait aussi les ondes de choc produites par chaque aile, et par conséquent le bang supersonique. O. H.

KYOTO UNIVERSITY

La chaise roulante du futur

A l'université de Kyoto (Japon), des chercheurs ont élaboré un fauteuil roulant *(photo)* dont la particularité est de pouvoir se déplacer latéralement grâce aux larges roulettes qui constituent la bande de roulement des quatre roues. Ce fauteuil pourrait être vendu environ 9000 € d'ici trois à cinq ans.

www.youtube.com/watch?v=thKHERie-Ek

Un robot médusant !

Cette méduse-là n'envahira pas les plages cet été puisqu'il s'agit d'un robot explorateur conçu par des chercheurs américains qui imite le mouvement d'une vraie méduse. Il est alimenté par l'hydrogène extrait de l'eau par une réaction chimique avec du platine déposé à sa surface.

La chaleur dégagée par cette réaction active la contraction des muscles artificiels.

www.youtube.com/watch?v=U2OSJQhHQp8

Mensonge à l'œil

Va-t-on un jour concevoir un détecteur de mensonges efficace ? Des chercheurs de l'université de Buffalo (Etats-Unis) affirment que c'est dans le mouvement des yeux qu'il faut chercher la faille. Ils prétendent avoir mis au point un système vidéo fiable à plus de 80 %. La première étape consiste à analyser les mouvements des yeux lorsque la personne tient des propos vérifiables, pour ensuite déceler les modifications et donc pointer un éventuel mensonge.

www.sciencesetavenir.fr

Cerisiers en fleur à New York, dans Central Park, le 22 mars.

TIMOTHY A. CLARY/AFP

CLIMATOLOGIE

Les prochains printemps seront précoces

C'est une protéine (PIF4), active en cas de chaleur, qui déclenche le réveil floral. Une tendance qui devrait s'accentuer avec le réchauffement climatique.

Cette année encore, les plantes ont fleuri exceptionnellement tôt, et, pour la première fois, des chercheurs viennent d'en donner l'explication au niveau moléculaire. Il est communément admis que la durée du jour, la chaleur et le repos hivernal sont à l'origine de la floraison. Or, une équipe du centre de recherche John Innes de Norwich (Grande-Bretagne) vient de montrer qu'une protéine particulière, baptisée PIF4 – inactive lorsque les températures sont basses –, accélère cette floraison lorsque le thermomètre remonte, mais peut aussi la déclencher à elle seule.

« *Cette étude nous apprend que la protéine PIF4 induit le réveil floral sur le seul critère de la température,* résume François Parcy, directeur de recherche au Laboratoire de physiologie cellulaire végétale de Grenoble. *Elle le fait en se fixant sur la molécule de la floraison appelée florigène.* » Découvert en 2007 sur la plante modèle *Arabidopsis thaliana* (ou arabette des dames, de la famille du colza), le florigène est la protéine clé de la floraison chez toutes les plantes. Cette protéine n'est pas une inconnue : on la savait déjà impliquée dans d'autres mécanismes comme l'accélération de la croissance en réponse à une hausse de la température. Dans un contexte de réchauffement climatique, la découverte de ce nouveau rôle est de première importance. En effet, on peut désormais affirmer que les futures hausses des températures conduiront à des floraisons toujours plus précoces. Conséquence : les fleurs risquent de se développer alors que la plante est encore fragile, car incapable de produire une grande quantité d'énergie photosynthétique en raison de feuilles trop petites et trop peu nombreuses. Les chercheurs craignent que cela ne conduise à une baisse des récoltes de graines et de fruits. Mais ils espèrent en revanche que la découverte du mécanisme au niveau moléculaire ouvre des voies pour contrecarrer le phénomène, en mettant au point des espèces génétiquement moins sensibles au réchauffement. **Loïc Chauveau**

REPÈRES

LE FROID : la plupart des plantes ont besoin d'y avoir été exposées plusieurs semaines et de retrouver des journées d'une certaine longueur pour fleurir (un gène clé dans le développement du bouton floral est alors inhibé).

LA LUMIÈRE active le florigène. La période de la floraison est caractéristique de la plante : présence d'un pollinisateur, climat favorable, etc. Ainsi, les violettes ou les primevères ne peuvent fleurir sans avoir été exposées à une longue période de froid (la vernalisation) mais elles « aiment » les jours courts ; les céréales de printemps se passent de vernalisation et ont besoin de jours longs.

QUESTIONS À **CLAUDE TURMES** Député européen des Verts, rapporteur de la directive européenne sur l'efficacité énergétique

« L'efficacité est la politique énergétique la plus rentable »

DR

Jusqu'à aujourd'hui, la recherche d'efficacité énergétique (réduction de la consommation pour un même service) était le parent pauvre du plan climat adopté en 2007. Les parlementaires européens viennent de s'accorder pour la remettre sur le devant de la scène avant l'été.

Les eurodéputés veulent mettre l'accent sur l'efficacité énergétique. Pourquoi ?

Dans la situation actuelle, les États membres qui ne gagneront pas 20 % en termes d'efficacité énergétique d'ici à 2020 ne seront pas sanctionnés, alors qu'ils seront condamnés s'ils ne réduisent pas leurs émissions de gaz à effet de serre de 20 % ou s'ils n'augmentent pas de 20 % la part des énergies renouvelables. Pourtant, il faut commencer par l'efficacité énergétique car il est bien plus rentable d'économiser et de diminuer les besoins que de créer de nouvelles capacités de production !

Où en est-on aujourd'hui ?

Si on n'agit pas tout de suite, la consommation européenne d'énergie s'établira en 2020 à 1678 millions de tonnes d'équivalent pétrole (tep), alors que la cible est de 1474 millions de tep. Manquer cette cible signifie aussi construire près de 550 centrales électriques à charbon et 275 000 éoliennes. La facture énergétique sera de 400 milliards d'euros : une somme qui ira à des pays qui sont loin d'être des démocraties…

D'où votre mobilisation ?

Nous avons en effet réussi à bâtir un consensus qui englobe toutes les couleurs politiques. Les États devront rénover et isoler tous les ans 2,5 % des bâtiments publics. Les énergéticiens devront baisser annuellement leurs ventes d'électricité, de gaz ou de pétrole de 1,5 %. Les grandes entreprises devront mener des audits énergétiques tous les quatre ans. Les consommateurs devront être informés des mesures qu'ils peuvent prendre à leur niveau, etc. Nous avons jusqu'à fin juin pour trouver un accord avec le Conseil des 27 États membres pour que cette directive devienne juridiquement contraignante. **Propos recueillis par L. C.**

Des éoliennes fatales au vautour

Les vautours ont globalement une bonne vue mais ils souffrent d'angles morts qui font que les éoliennes sont pour eux des obstacles mortels. C'est la conclusion des travaux de Graham Martin, ornithologiste à l'université de Birmingham (Grande-Bretagne).

Le chercheur a réussi à faire passer des tests de vision similaires à ceux d'un ophtalmologiste à des vautours fauves. Résultat : ces rapaces ont une excellente et très large vue latérale à la fois de la terre et du ciel mais ils ne voient rien de face ou au-dessus de leur tête. Inutile donc d'adopter des teintes bariolées pour les pales des éoliennes : ces obstacles nouveaux resteront fatals dans la phase verticale de leur mouvement.

www.sciencesetavenir.fr

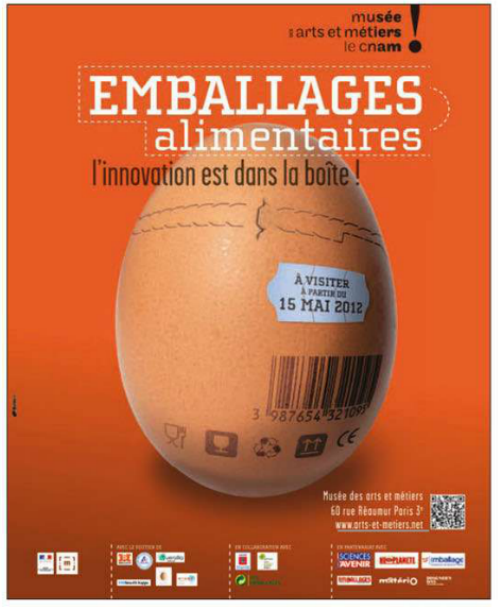
ENVIRONNEMENT

Fukushima : une pollution maritime sans précédent

La catastrophe nucléaire de Fukushima, en mars 2011, au Japon constitue bien le plus important déversement de radioactivité dans les océans de toute l'histoire. Mais au-delà de 30 kilomètres des réacteurs détruits, les radionucléides ont été dispersés par les courants si bien que les poissons pourraient être consommés sans danger. Tels sont les deux enseignements de la campagne de mesures menée par une équipe internationale et publiée dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences (Pnas)* américaine, le 2 avril.

A bord du navire scientifique *Ka'imikaio-kanaloa* affrété en juin 2011, soit trois mois après le tsunami, les chercheurs ont récolté des échantillons d'eau de mer, de plancton et de petits poissons entre la surface et 1000 mètres de profondeur, de 30 à 600 kilomètres des côtes. Les chercheurs ont bien trouvé des teneurs élevées de césium mais aucun résultat n'excède les normes de santé humaine. Le Kuroshio, courant plus large et plus rapide que le Gulf Stream, qui remonte vers le nord de l'archipel avant de partir plein est dans le Pacifique, a dispersé les radionucléides.

Les chercheurs avertissent cependant du risque d'une exposition à long terme si la centrale continue à déverser des radionucléides et s'il se confirme que les sédiments marins ont été notablement contaminés. **L. C.**



16 papillons en danger

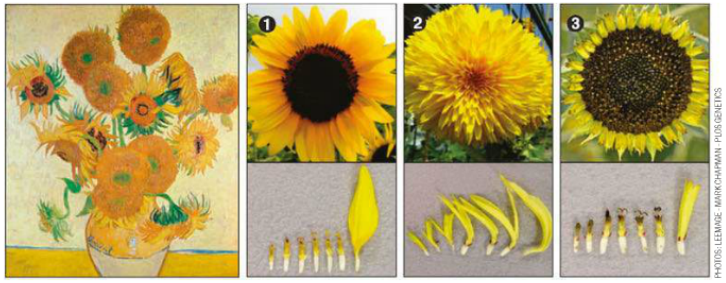
Sur les 257 espèces de papillons présentes sur le territoire français, 16 sont en danger de disparition, assure l'Union internationale de conservation de la nature (UICN) dans un rapport élaboré avec le Muséum national d'histoire naturelle. Le mélibée, l'hermite, l'hespérie du Barbon, ou le damier du frêne *(photo ci-dessous)* sont des victimes de l'agriculture intensive, de la disparition de leurs milieux naturels (zones humides, pairies) ou du réchauffement climatique. C'est surtout dans le sud-est de la France et dans le massif alpin que l'on rencontre le plus d'espèces en danger.

DANIEL MOREL

www.sciencesetavenir.fr

BOTANIQUE

On a retrouvé les tournesols de Van Gogh



PHOTOS: LEEMOR - MARKCHAPMAN, PLOSGENETICS

Dans « Vase avec quinze tournesols » (1888), Van Gogh a représenté trois variétés : la plus commune ❶, la variété double ❷ et celle à pétales tubulaires ❸. Un seul gène conditionne l'aspect de cette fleur.

Beaucoup moins fréquente que la variété oléagineuse que l'on voit fleurir dans nos champs, le tournesol à fleurs doubles eut son heure de gloire sous la palette impressionniste de Vincent Van Gogh. Dans sa série *Les Tournesols*, le peintre représente plusieurs variétés. La plus commune, constituée de pétales allongés, arrangés autour d'un disque sombre. La variété double, semblable à un pompon avec sa corolle beaucoup plus épaisse qui recouvre entièrement le cœur de la fleur.

A quelle mutation doit-on cette variété? Pour le découvrir, John Burke et ses collègues de l'université de Géorgie (Etats-Unis) ont tout simplement croisé des variétés communes et des variétés à pompon. Puis, ils ont statistiquement analysé les descendants obtenus et acquis la certitude que la différence entre les variétés ne tenait qu'à un seul gène. En allant encore plus loin et en croisant les descendants, ils ont en outre montré que la variété à pétales tubulaires était le fait de l'action d'une seconde mutation sur ce même gène.

La science moderne est ensuite entrée en jeu: le gène responsable a été identifié, nommé HaCYC2c. Sa séquence a été publiée dans *PLoS Genetics*. L'équipe de John Burke a montré qu'une petite lésion sur une portion de ce gène a l'effet d'un interrupteur marche arrêt: elle active la production de fleurs externes en lieu et place du disque interne pour donner cette double floraison si picturale. Une étude sur des centaines de variétés de tournesol a enfin confirmé que si les variétés sauvages communes n'avaient jamais de mutation sur HaCYC2c, toutes les variétés doubles présentaient invariablement la même. **H. R.**

SCIENCES ET AVENIR

Cinquième Rencontre nationale des directeurs de l'innovation

Exceptionnel. 5 lecteurs de « S. et A. » pourront assister à la rencontre « Innover pour tous, innover ensemble », les 10 et 11 mai, à l'Auditorium du groupe La Poste, à Paris.*

Auditorium du groupe La Poste, 44, bd Vaugirard 75015 Paris

*** Entrée gratuite pour 5 lecteurs de *Sciences et Avenir* après appel au 01.49.23.75.03 ou e-mail à poulet @institut-innovation.com avant le 4 mai.**

Partenaire de la 5e Rencontre nationale des directeurs de l'innovation organisée par l'Institut européen de stratégies créatives et d'innovation (IESCI), *Sciences et Avenir* invite ses lecteurs à rencontrer les spécialistes de l'innovation et à entendre leurs propositions et leurs analyses pour une création au service de tous.

Jeudi 10 mai

9 h-12 h : Définir les nouveaux produits cultes (produits peu coûteux, à très haute valeur ajoutée et très large diffusion) Animé par Dominique Leglu, diectrice de la rédaction de *Sciences et Avenir*. Interventions: M. Giget (pdt IESCI); B. Haurie (Groupe La Poste); Jean-Charles Laüght (Quechua). **Pause.** B. Daval (Michelin); V. Fauvel (BNP Paribas); J.-C. Simon (Groupe Seb).

12 h à 12 h 45: Remise des Hermès de l'Innovation.

14 h 30: Répondre aux grands enjeux sociaux, santé, logement, éducation, par des produits et services révolutionnaires. Interventions: H. Pinton (Sanofi-Pasteur); Dr R. D. Ravindran (Aravind). G. Metayer (Croix rouge française): A. Mignon (Medusims); J.-.M. Ricard (Groupe associatif Siel bleu); **Pause.** M. Sandager (Ville de Copenhague); J.-F. Kilian (Pas-de-Calais Habitat); Groupes Tecverde et Positivo.

Vendredi 11 mai

9 h-12 h : Coconcevoir avec les utilisateurs des produits et services répondant à leurs idéaux. Animé par V. Hillen. Avec M. Giget; F. Lenglen (i&e); un représentant du gouvernement indien; D. Vuillaume (La Banque Postale). **Pause.** V. Ricordeau (Kiss Kiss Bank Bank). Un représentant du groupe Boeing; H. van Egmond (Yolk, Rabobank); F. Bronner (Creatrickster).

14 h 30 : Mettre l'innovation à disposition de tous en révolutionnant les produits et les services de la vie quotidienne. Animé par M. Giget. A. Ladeuix (Casino); H. Vaillant (LG); H. Verdier (Cap Digital et MFG Labs). **Pause.** I. Benhaim (Vente privée); B. Augros (Pretachanger.fr); D. Laval (CityzenCar); O. Desmoulin (Super marmite).

LA FICTION ÉVÉNEMENT DU CENTENAIRE

TITANIC

Découvrez la nouvelle version du mythique naufrage écrite par Julian Fellowes, Oscar® du meilleur scénario pour *Gosford park* et créateur de la série à succès *Downton abbey*.
Embarquez pour un voyage inoubliable au cœur du TITANIC
et vivez la fin qu'aucun des passagers ne pouvait imaginer.

Izmaïlov © Titan Films 4/6 / Titanic Productions Limited / Sienna Films Productions XXV Inc. 2012.

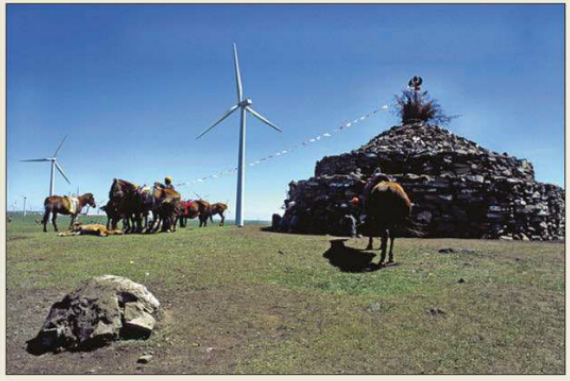
MAINTENANT EN 2 DVD VIDEO ET Blu-ray Disc™

EN VENTE PARTOUT ET SUR WWW.KOBAFILMS.FR

ALLOCINE 20 minutes koba FILMS

REVUE DE PRESSE NATURE

par Loïc Chauveau



RYAN PYLE/CORBIS

Le parc éolien de Huitengxile, en Mongolie-Intérieure (Chine) fournit Pékin en électricité.

ASIE

Vers un grand réseau électrique asiatique

Desertec, le projet de fermes solaires dans le Sahara *(voir* S. et A. *n° 761, juillet 2010)*, donne des idées en Extrême-Orient. La Fondation japonaise pour les énergies renouvelables vient de mettre sur la table un projet de réseau électrique à haute tension qui relierait la Mongolie, la Chine, la Russie, la Corée du Sud et l'archipel nippon. Il s'agit d'abord de profiter des ressources de la Mongolie qui, avec le désert de Gobi, possède le troisième plus important gisement solaire au monde. On pourrait aussi y installer une capacité de 1100 GW d'énergie éolienne tant la région est ventée. Mais la Mongolie possède aussi des gisements d'uranium, ce qui l'amène à lorgner vers le nucléaire… Pour alimenter le réseau, la Corée du Sud envisage de construire des parcs éoliens offshore. Au Japon, les particuliers visent l'autoconsommation en équipant les toits de leurs maisons de panneaux solaires. A fin de cette année, plus d'un million de ménages devraient produire leur électricité.

REneweconomy, http://2doc.net/3garh

Le chiffre

► **1 MILLION**

de tonnes par an, c'est la masse de déchets électroniques qui échouent en Afrique de l'Ouest pour un recyclage des matières premières. Celui-ci est fait par des ouvriers sans protection et au détriment de l'environnement dénonce l'ONU. L'organisation ne se dit pas opposée à ces flux qui permettent aux pays africains de développer cette activité de recyclage, à condition que cela se fasse dans le respect des règles sociales et environnementales.

Voice of America, http://2doc.net/21rwe

NOUVELLE ZÉLANDE

Le dauphin d'Hector sauvé

Endémique des côtes de Nouvelle-Zélande, le dauphin d'Hector, l'une des plus petites espèces de mammifères marins, est considéré comme sauvé grâce à la création, il y a vingt et un ans, d'une aire marine protégée. Alors que l'espèce déclinait au rythme de 6 % par an, la baisse de la population a presque été stoppée. C'est la première fois que l'efficacité d'un système de protection en mer est prouvée. La superficie de l'espace protégé devrait être augmentée.

BBC, http://2doc.net/u2erz

ALLEMAGNE

Les loups dédouanés par leurs repas

Depuis une dizaine d'années, le loup fait son retour dans l'est de l'Allemagne. Mais il ne s'attaque pas aux troupeaux de moutons, assurent les écologues, répondant aux craintes des éleveurs. La preuve est apportée avec l'étude des restes de 3000 repas de *Canis lupus*. Leur menu est composé principalement de chevreuils (55,3 %), de cerfs rouges (20,8 %), de sangliers (17,7 %) et de lièvres (3 %), révèlent les chercheurs. Seulement 1 % de leur repas provient des élevages.

Science Daily, http://2doc.net/13v4c

ARMÉNIE

La Norvège aide à la reforestation du Caucase

En 2011, 186 000 arbres ont été plantés dans la région de Lori au nord de l'Arménie. L'œuvre de l'association Armenian Tree Project, qui, depuis dix-huit ans, travaille à la reforestation du Caucase et à la sensibilisation du réchauffement climatique. Durant toutes ces années, l'association a financé ses actions grâce à la diaspora.
La fondation de l'Etat norvégien alimentée par les revenus pétroliers salue cette action.
Elle vient d'accorder 920 000 € à l'association, ce qui va permettre de pérenniser son travail.

epress, http://2doc.net/4kvjd

ENVIRONNEMENT

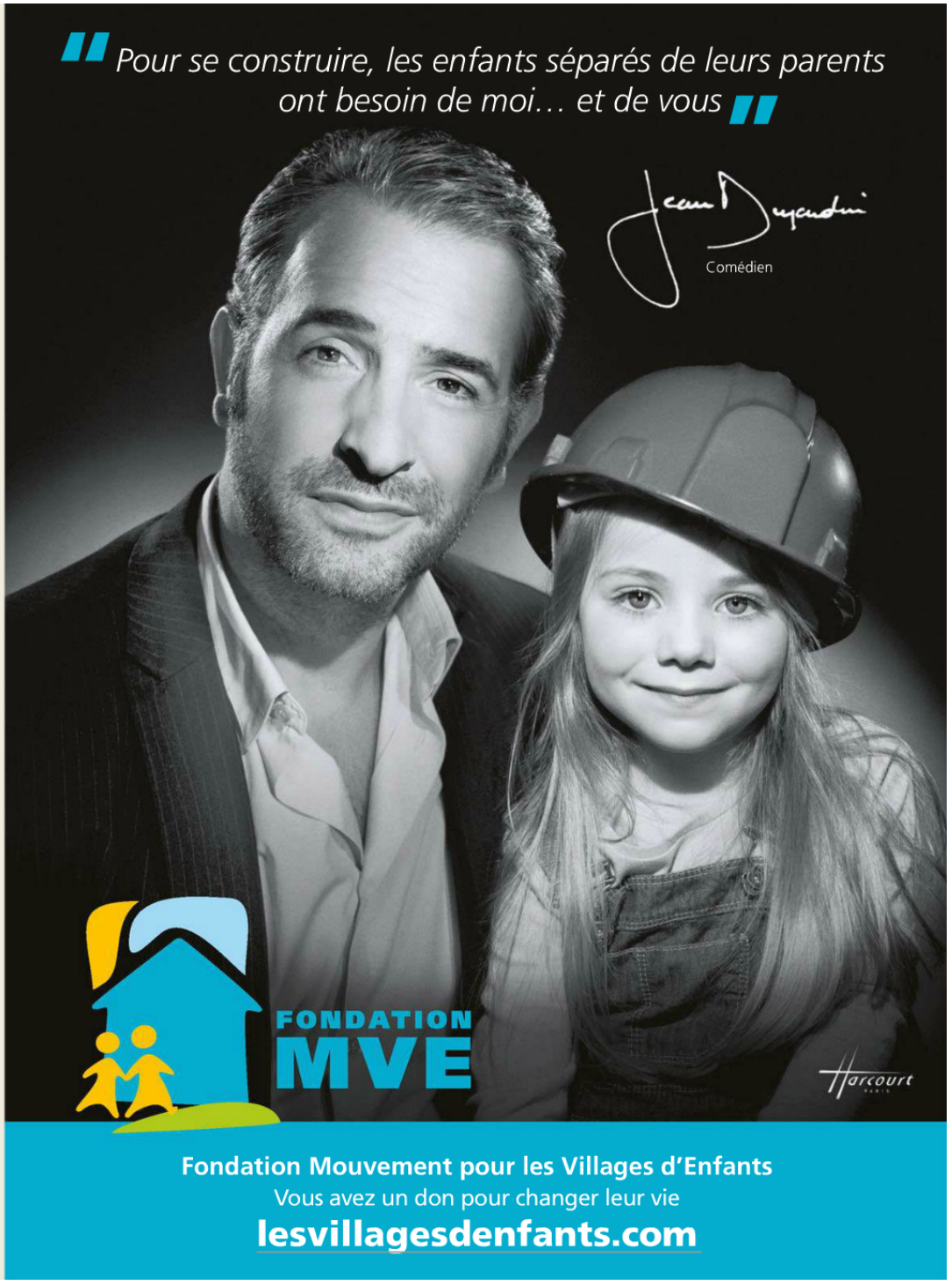
L'Inde pourrait boycotter les JO de Londres

Peut-on imaginer des jeux Olympiques sans la participation de l'équipe représentant 1,3 milliard d'Indiens, pour cause de boycott en mémoire de la catastrophe de Bhopal, en décembre 1984 ? Cette hypothèse devient de plus en plus crédible avec le fort mouvement de protestation qui parcourt tout le pays. Les opposants s'insurgent contre le parrainage des jeux par Dow Chemical. Le chimiste américain n'est pas le responsable de la catastrophe (il a racheté Union Carbide en 2001), mais il a usé de toutes les ficelles juridiques pour tenter d'éviter d'indemniser les victimes. Pour de nombreux Indiens, ce sponsoring va à l'encontre de toutes les règles de l'olympisme.

Frontline, http://2doc.net/vufc8

AP/SIPA

Manifestation à Bhopal, le 4 février.



CANCER : TROIS PISTES PROMETTEUSES DANS LA LUTTE CONTRE LA MALADIE

Côlon un test prédictif efficace

Il n'a pas encore de nom mais il pourrait révolutionner la façon dont les médecins prédisent l'apparition d'un cancer du côlon. Ce nouveau test, mis au point par une équipe Inserm du Centre de recherches en cancérologie de Toulouse, bouscule un dogme de la gastro-entérologie. Jusque-là, on croyait que seul un certain type d'excroissance de la muqueuse colique, les adénomes, pouvait se transformer en cancer. Et ce, en opposition aux polypes dits hyperplasiques, très fréquents (une personne sur quatre), considérés comme bénins. *« Cette certitude conduisait les médecins à ne pas proposer de suivi particulier aux porteurs de polypes hyperplasiques découverts lors d'une coloscopie »*, détaille Catherine Seva, la chercheuse qui a piloté l'étude toulousaine. Or, celle-ci a démontré que certains patients porteurs d'un polype hyperplasique ont développé un cancer deux à dix ans après son retrait (qui est systématique). Quels patients précisément ? Une analyse rétrospective des polypes a permis de leur trouver un point commun : le cancer ne s'est déclaré que chez les sujets dont les polypes présentaient un taux élevé d'une protéine, la progastrine. Celle-ci était déjà connue pour ses implications dans le développement des cancers colorectaux. Désormais, elle permettra d'identifier les personnes à risque. Le nouveau test consiste donc à mesurer le taux de progastrine dans un polype retiré lors d'une coloscopie. *« Ce test, testé sur quelques dizaines de malades, doit être validé à plus grande échelle avant d'être proposé à des fins prédictives »*, note la chercheuse, qui a déjà été contactée par des laboratoires. Supplantera-t-il un jour le classique test Hémocult, qui vise à rechercher la présence de sang dans les selles ? Pierre angulaire du dépistage organisé du cancer colorectal, celui-ci est proposé tous les deux ans aux hommes et femmes de 50 à 74 ans. *« Ce nouveau test ne remplacera jamais le dépistage*, affirme Jérôme Viguier, responsable du département dépistage à l'Institut national du cancer. *En revanche, il conduira sans doute à modifier la surveillance des patients. Ceux pour qui le test sera positif pourront bénéficier d'un suivi régulier par coloscopie. »* **Sylvie Riou-Milliot**

Sur cette coupe de polype hyperplasique, un marquage coloré (points marrons) indique la présence de la protéine progastrine. Une telle masse indique un individu à risque.

C.SIGNA/INSERM

REPÈRES

40 500 nouveaux cas de cancers du colon par an en France.

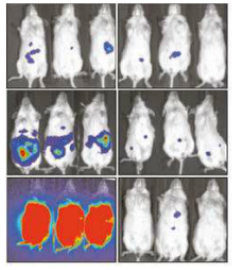
60 % À 80 % des cancers colorectaux se développent à partir d'une tumeur bénigne (polype ou adénome) sur une dizaine d'années.

SUR 1000 ADÉNOMES, 25 évoluent en cancer.

1,2 MILLION de coloscopies sont pratiquées chaque année en France et près de 500 000 polypes retirés.

Un anticorps contre toutes les tumeurs ?

Serait-il possible de donner un coup de pouce à notre système immunitaire pour qu'il s'attaque aux cellules cancéreuses, quel que soit le type de tumeur ? L'équipe d'Irving Weissman à l'université Stanford, aux Etats-Unis, vient d'apporter des arguments forts en faveur de cette étonnante idée. Dans les *Pnas*, les chercheurs ont montré qu'ils peuvent, en injectant à des souris des anticorps particuliers, faire régresser la plupart des cancers issus de tissus solides comme le sein, le côlon, le foie ou la vessie. Le plus souvent, les tumeurs cessent de se développer. Parfois même, elles disparaissent. Que fait donc cet anticorps salvateur ? Il se lie à une protéine, dite CD47, que l'on trouve à la surface des cellules cancéreuses et qui leur permet d'échapper à l'action destructrice des macrophages, cellules du système immunitaires. Les chercheurs américains avaient déjà montré que les cellules de cancers du sang échappent au système immunitaire grâce à CD47. Ils avaient aussi réussi à sauver des souris infectées par des cellules leucémiques humaines avec une injection d'anticorps se liant à cette protéine. Cette fois, ils ont montré que d'autres cancers peuvent être ainsi attaqués.



PNAS

Avec l'anticorps (colonne de droite), les tumeurs ne progressent pas.

Leur prochaine étape est de prouver l'innocuité de l'anticorps anti-CD47 chez l'homme. Celle-ci a bien été observée chez la souris, mais les doutes sont permis car les cellules du sang font aussi appel à la protéine CD47 pour échapper aux macrophages. Il ne faudrait donc pas que le traitement attaque les cellules saines. **P. K.**

QUESTIONS À **DAVID MALKA** Cancérologue à l'unité de gastro-entérologie de l'Institut Gustave-Roussy, à Villejuif

« L'effet bénéfique de l'aspirine se confirme »

IGR

Une prise quotidienne d'aspirine diminuerait la mortalité liée à un grand nombre de cancers, concluent des chercheurs britanniques dans une étude publiée dans *The Lancet*.

Que retenir de cette étude ?

L'équipe de Peter Rothwell (université d'Oxford), précise l'effet anticancéreux de l'aspirine : à trois ans, le nombre de nouveaux cancers est réduit d'environ 25 %. A cinq ans, la mortalité par cancer est réduite d'environ 40 %. Cela confirme des résultats antérieurs en précisant que l'effet de l'aspirine est plus précoce qu'attendu. Ce qui a conduit à faire l'hypothèse d'une moindre formation de métastases sous aspirine. Hypothèse démontrée dans une deuxième étude. L'effet est notable pour les adénocarcinomes (les tumeurs solides incluant celles du poumon, de la prostate, du côlon et du sein), où l'évolution vers des métastases est réduite de près de 50 %.

Quelles sont les limites de ces études ?

En premier lieu, ces travaux émanent d'une seule équipe. En deuxième lieu, d'autres grands essais de prévention cardio-vasculaire par aspirine à faibles doses, mais prise un jour sur deux, n'ont pas montré un tel bénéfice sur la mortalité par cancer. Enfin, ces études ne sont qu'une analyse *a posteriori* d'essais thérapeutiques dont le but était la prévention cardio-vasculaire par aspirine à faibles doses, et non du cancer. Il faut maintenant des études spécifiques pour évaluer les bénéfices sur le développement des cancers.

Faut-il recommander l'aspirine pour prévenir le cancer ou pour le soigner ?

C'est prématuré. La toxicité de l'aspirine, même à de faibles doses, n'est pas négligeable. Bien que très excitants, ces résultats doivent être confirmés en évaluant l'innocuité de la prise d'aspirine dans différentes situations : en prévention primaire, après ablation d'un cancer localisé, ou pour traiter des cancers avancés en association aux autres traitements (chimiothérapie, hormonothérapie…). **Propos recueillis par H. R.**

Doués pour les cinq sens

Le Centre d'études et de recherches sur les technologies du sensoriel, Certesens, vient d'ouvrir ses portes à Tours. En plus d'outils techniques innovants (odorathèque, matériauthèque, *eye-tracking*, cabines sensorielles…), il a été doté de « panels » uniques : deux groupes de 16 personnes formées pendant un an pour devenir experts des cinq sens.

Le chiffre ► 37 MILLIONS

C'est le nombre de bactéries que tout un chacun laisse derrière lui après avoir passé une heure dans une pièce. Pour obtenir cet étonnant résultat, l'équipe de l'université Yale (Etats-Unis) a quantifié et analysé génétiquement les micro-organismes contenus dans l'air d'une salle de classe, vide ou occupée. Les bactéries proviennent d'abord de la peau (18 %) puis des cheveux, des narines et de la bouche.

Pas de sommeil pour les neurones

Même pendant la phase de sommeil lent profond nos neurones restent actifs. Seulement, d'après l'étude par IRM du cerveau de 12 volontaires, l'information circule de façon très différente entre les régions du cerveau : quand nous dormons, l'activité du cerveau s'organise en une multitude de petits réseaux entre lesquels peu d'information circule. Ce qui nous couperait du monde extérieur.

www.sciencesetavenir.fr

Dangereux rayons X

Des chercheurs américains ont mis en évidence un lien entre la pratique de radiographies dentaires régulières et le développement d'une tumeur cérébrale bénigne, le méningiome. Selon ce travail publié dans la revue *Cancer*, les patients soumis annuellement à une radiographie dentaire sont de 1,4 à 3 fois plus sujets que les autres à ce type de tumeur.

Le chiffre ► 15%

C'est la part de notre génome qui serait plus proche de celui du gorille que de celui du chimpanzé. Si nous sommes plus proches de ce dernier pour la majorité des séquences génétiques, ce n'est donc pas le cas pour certains traits particuliers comme les gènes de l'audition. Etonnant résultat dû à Aylwyn Scally, du Wellcome Trust Sanger Institute (Royaume-Uni), car la séparation du gorille et de l'homme remonterait à 10 millions d'années, contre 6 millions pour celle du chimpanzé et de l'homme.

Autisme, le poids de l'âge du père

De nouvelles études publiées dans *Nature* (4 avril) ont identifié trois nouveaux gènes impliqués dans l'apparition de troubles du spectre autistique (TSA) *(lire* S. et A. *n° 782)*. Confirmant des études précédentes, l'une d'elles montre que le risque d'avoir un enfant autiste augmenterait avec l'âge du père, ce dernier étant quatre fois plus susceptible que la mère de transmettre des mutations spontanées à sa progéniture. Reste que ces nouveaux gènes n'expliquent que 1 % du risque génétique des TSA.

www.sciencesetavenir.fr

NEUROLOGIE

La lumière réveille les souvenirs

Comment réactiver des souvenirs endormis dans notre cerveau ? En allumant la lumière ! Ce qui sonne comme une plaisanterie est en fait un résultat très sérieux publié dans *Nature* par l'équipe du prix Nobel Susumu Tonegawa, au Massachusetts Institute of Technology (Cambridge, Etats-Unis). Les chercheurs ont en effet réussi la prouesse de localiser précisément un souvenir dans le cerveau d'une souris, puis à le réactiver en stimulant certains neurones avec la lumière issue d'une fibre optique. On parle d'« optogénétique » pour désigner cette technique aussi récente que prometteuse.

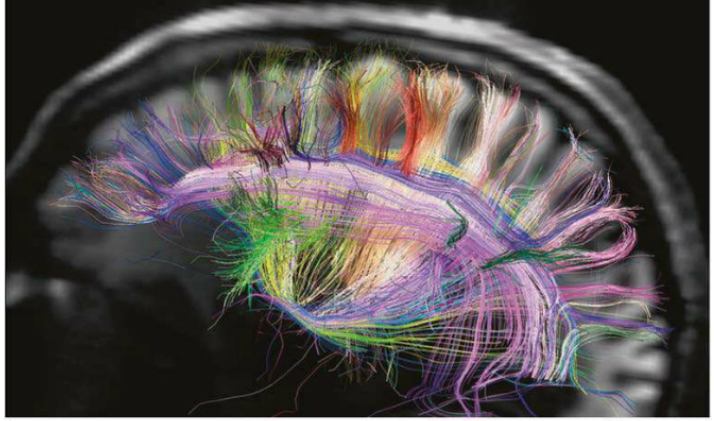
Comment les chercheurs ont-ils construit leur démonstration ? Ils ont tout d'abord placé des souris dans un environnement totalement inconnu d'elles. Subissant des petits chocs électriques, elles ont été littéralement conditionnées pour avoir peur : à peine rentraient-elles dans cette nouvelle cage qu'elles se figeaient, en position de défense. D'après les auteurs de l'étude, ce souvenir de peur se serait inscrit dans une poignée de neurones, situés dans une petite structure de l'hippocampe, le gyrus denté.

Les chercheurs ont alors génétiquement modifié ces quelques neurones pour les rendre sensible à la lumière. Les souris ont alors été ramenées chez elles. Tout avait l'air d'aller pour le mieux, jusqu'à ce que les chercheurs envoient des impulsions lumineuses dans le cerveau de la souris. Sans raison extérieure apparente, les rongeurs ont soudainement été tétanisés. Ce qui suggère qu'ils se sont remémoré le danger. *« D'après nos résultats, les souvenirs résident réellement dans des neurones très spécifiques*, affirme Xu Liu, coauteur de l'étude. *En réactivant simplement ces neurones par un moyen physique comme la lumière, un souvenir entier peut être rappelé. »* **E. S.**

EN IMAGE

Cerveau, la carte des connexions

Les liaisons nerveuses dans le cerveau ne ressemblent pas à un inextricable enchevêtrement de spaghettis mais forment un tout cohérent, ici révélé chez le singe par des chercheurs américains, taïwanais et suisse. Grâce à une technique d'imagerie cérébrale, l'IRM de diffusion, tous les grands faisceaux de milliers de neurones reliant les différentes régions du cerveau ont été retracés. La « matière blanche » ainsi cartographiée révèle une structure de rubans enchevêtrés selon des règles simples correspondant à la formation initiale des connexions nerveuses dans les trois axes du cerveau. Les mêmes motifs se dessinent chez quatre espèces différentes de singes, témoignant d'un plan de développement identique. P. K.



TOURNIER/WEDEEN/WANG/HOWARD/ADALSZTEINSSON/LAZAR/JACKSON

CHIRURGIE

Appendicite : la fin du bistouri ?

Finies les opérations : une simple cure d'antibiotiques pourrait suffire à guérir les appendicites les plus banales selon des chercheurs britanniques des hôpitaux universitaires de Nottingham. Ceux-ci ont compilé et analysé les résultats de quatre études comparant chirurgie et antibiothérapie dans le traitement des formes non compliquées de cette inflammation de l'appendice iléo-cæcal. D'après eux, l'efficacité de l'antibiothérapie est telle qu'elle devrait être le premier choix des médecins. Et ce d'autant plus qu'elle permettrait de réduire les complications d'un tiers.

Leur position ne fait cependant pas consensus. Ainsi, Corinne Vons, chirurgienne à l'hôpital Jean-Verdier de Bondy (Seine-Saint-Denis) et auteure de l'une des études analysées par les Britanniques, est plus mesurée : *« Nos recherches n'ont pas encore permis de conclure à la supériorité des antibiotiques, notamment parce que le risque de récidive et de péritonite* [inflammation du péritoine] *est important »*, confie-t-elle.

Alors qui croire ? Tout dépend en réalité du diagnostic. *« Les antibiotiques peuvent certainement être avantageux pour les formes les plus bénignes. Mais la question est de savoir comment nous pourrions les diagnostiquer de façon sûre*, explique Jérôme Loriau, chef du service de chirurgie viscérale de l'hôpital Saint-Joseph, à Paris. *L'imagerie médicale n'est en effet pas systématique pour confirmer un diagnostic. Du coup, même si des progrès ont été faits en France, on opère encore beaucoup d'appendicites qui n'en sont pas. »* Ce qui fausse les résultats des études comparant chirurgie et traitement médicamenteux. La fin du dogme centenaire « appendicite = chirurgie » n'est donc pas pour tout de suite ! Et l'antibiothérapie reste pour l'instant réservée aux malades inopérables ou en situation de l'être : il n'est plus un sous-marinier, un astronaute ou un explorateur qui ne parte sans ses comprimés. C'est toujours mieux qu'une appendicectomie de prévention. **E. G.**

BARBARA KÖDELPLAINPICTURE

L'antibiothérapie reste réservée aux malades inopérables.

Retour sur ► LES MUTANTS DE LA GRIPPE H5N1

Après plus de six mois de tergiversations, les manipulations ayant conduit à la création de deux souches mutantes très contagieuses et virulentes du virus de la grippe H5N1 par Ron Fouchier et Yoshihiro Kawaoka *(voir* S. et A. *n° 781, mars 2012)* pourront enfin être publiées respectivement dans *Science* et *Nature*. Les deux équipes ont cependant dû revoir leurs copies afin de censurer les détails les plus sensibles concernant la mise au point de ces virus, qui auraient pu inspirer des terroristes. Dans son avis du 30 mars, le National Science Advisory Board for Security a estimé que plus aucune information n'était de nature à nuire à la sécurité nationale.

www.sciencesetavenir.fr

CARDIOLOGIE

Un cocktail pour les pannes de cœur

Glucose, insuline, potassium (GIP, ou GIK pour les anglophones) : voilà la recette d'un cocktail peu onéreux qui diviserait par deux le nombre d'arrêts cardiaques et la mortalité à la suite d'un infarctus du myocarde. Seule condition : procéder à une injection dans les minutes qui suivent l'infarctus. Le mélange a été testé dans le cadre d'une étude, baptisée Immediate, impliquant des urgentistes. Ceux-ci administraient soit le mélange, soit un placebo avant même la confirmation du diagnostic d'infarctus à l'hôpital par les examens sanguins et les tracés électrocardiographiques. Publiée dans l'édition en ligne du *Journal of the American Medical Association* et présentée dans un congrès américain de cardiologie, l'étude a révélé que ces trois substances protègent les cellules cardiaques en limitant l'étendue de la nécrose myocardique, c'est-à-dire d'une zone du muscle irrémédiablement détruite : 2 % en moyenne chez les personnes traitées contre 10 % chez les autres. **S. R.-M.**

G. SONNET/PASCO/MAXPPP

Les trois substances doivent être injectées juste après l'infarctus.

Alerte aux champignons

Les champignons représentent-ils une menace sous-évaluée ? C'est ce que laisse entendre une étude menée notamment par l'université d'Oxford et les Instituts nationaux de la santé américains (NIH). Dans 70 % des cas d'extinctions d'animal ou de plante, un champignon serait en cause. Les maladies fongiques auraient explosé depuis le milieu du XX[e] siècle. Elles menacent les cultures de céréales (maïs, riz, avoine, blé), mais aussi 500 espèces d'amphibiens, les abeilles et les coraux. Sans oublier les chauves-souris décimées en Amérique du Nord par le « syndrome du nez blanc » (causé par *Geomyces destructans*) pour le plus grand profit des insectes ravageurs des récoltes.

www.sciencesetavenir.fr

Prendre la tension artérielle des deux bras permet de mieux détecter les hypertendus.

SPL/BSIP

CARDIOLOGIE

Tension : deux mesures plutôt qu'une

On dépiste mieux les personnes ayant un risque cardio-vasculaire accru en mesurant la tension sur les deux bras. Non pas pour faire la moyenne entre les mesures, mais pour guetter une éventuelle différence significative entre le bras gauche et le bras droit. Selon les chercheurs de l'université d'Exeter, en Angleterre, le risque de maladies cardio-vasculaires et la mortalité augmentent de 70 % quand la différence de pression artérielle systolique entre les deux bras est de 1,5 centimètre de mercure (cmHg) – par exemple 12 au bras gauche et 10,5 au droit pour le plus grand nombre annoncé, qui correspond à la pression maximale dans les artères au moment de la contraction du cœur.

Actuellement, les recommandations mondiales incitent les médecins à mesurer la tension aux deux bras uniquement lors d'une première consultation, cela afin de définir quel sera ensuite le bras de référence (en l'occurrence celui où la pression est la plus forte). Dans les faits, la pratique serait peu répandue. Réagissant à cette étude, des experts internationaux appellent à rendre cette double mesure systématique, qu'elle soit faite par le médecin ou par le patient. Et ce d'autant plus que l'asymétrie tensionnelle n'étant pas quelque chose de rare, la prise de la tension sur un seul bras risque de conduire à ne pas détecter un grand nombre d'hypertendus. **E. G.**

BIOLOGIE

Les animaux ont bien un récepteur de champ magnétique

La protéine cryptochrome est bien le premier récepteur du champ magnétique à avoir été identifié chez l'animal. Ce qui n'était qu'une hypothèse bénéficiant d'*« indices très concordants » (lire S. et A. n° 746, avril 2009, p. 64)* est désormais une certitude, annoncent des chercheurs de l'université d'Oxford (Royaume-Uni) dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (*Pnas*) américaine. C'est la conclusion d'un feuilleton démarré en 1993 avec la découverte de cette molécule responsable de la sensibilité à la lumière bleue chez les plantes. Le cryptochrome s'est révélé être présent, avec des rôles divers, chez quasi tous les êtres vivants. Par ailleurs, les chercheurs se sont aperçus que la sensibilité au champ magnétique des mouches ou des oiseaux n'existe qu'en présence d'une lumière bleue. Ils ont enfin confirmé par spectroscopie ce que laissaient penser des calculs théoriques : les réactions électroniques induites par la lumière bleue au sein du cryptochrome sont sensibles à de faibles champs magnétiques. **P. K.**

M. HANSEN/UNIVERSITÉ D'OXFORD

Chez les oiseaux, le cryptochrome s'active en présence de lumière bleue.

En ligne le 30 avril

pourquoi docteur.com

Un nouveau site riche et complet

Une info hiérarchisée resituée dans son contexte, relativisée, mise en perspective

Une info accessible avec des réponses concrètes aux questions des patients

Les meilleurs scientifiques pour être au plus prêt de la réalité

La force de frappe d'*Europe 1* et du *Nouvel Observateur*

Une info référencée par maladies, par médicaments, par symptômes...

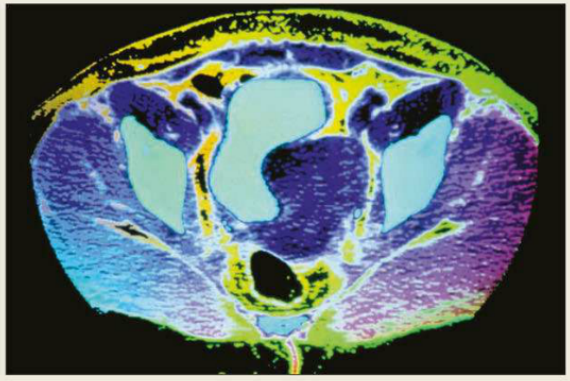
Une info plurielle texte, image, audio ou video

Des relations fortes entre médecins et patients

www.pourquoidocteur.com

REVUE DE PRESSE SANTÉ

par le Dr Pierre Miquel



SPL/PHANIE

Les défrisants capillaires seraient un facteur de risque de fibrome utérin (ici vu au scanner).

GYNÉCOLOGIE

Défrisants : risque accru de fibrome utérin ?

Le léiomyome, ou fibrome utérin, est une tumeur bénigne responsable d'un grand nombre d'hystérectomies (ablation totale ou partielle de l'utérus). Les femmes noires sont deux fois plus touchées que les autres. Une étude suggère que les défrisants capillaires sont peut-être un facteur de risque. Plus de 24 000 femmes noires américaines âgées de 35 ans en moyenne (20 à 70 ans) ont été suivies pendant plus de dix ans. 94 % d'entre elles utilisaient des défrisants, dont 33 % plus de sept fois par an et 9 % une à deux fois par an. Environ 7000 léiomyomes ont été diagnostiqués, l'âge de début de l'utilisation des défrisants ne semblant pas jouer de rôle. En revanche, le risque de tumeur augmente proportionnellement à la fréquence et à la durée d'utilisation de ces produits, avec un risque accru – de 20 % environ – en cas d'utilisation plus de sept fois par an. Le risque dépend également du nombre de brûlures du cuir chevelu. La présence de phtalates dans ces produits pourrait être en cause.

American Journal of Epidemiology, mars 2012.

Le chiffre

► **2 FOIS PLUS**

de cas de tuberculose chez les diabétiques, d'après une enquête sur 18 000 adultes. 9 % avaient un diabète et 7 % étaient traités par des antidiabétiques oraux ou de l'insuline. En plus de trois ans de suivi, 57 cas sont apparus, dont 13 chez des diabétiques. Le risque est multiplié par deux ; par trois si le diabète a donné lieu à une complication. Des troubles immunitaires liés aux cytokines expliqueraient cette corrélation.

Clinical Infectious Diseases, mars 2012.

OPHTALMOLOGIE

Glaucome : attention aux accidents de la route

Deux études présentées lors du dernier congrès de l'American Glaucoma Society confirment le slogan selon lequel *« au volant, la vue, c'est la vie »*.
La première montre que lors d'un test de conduite accompagnée, le risque de faute nécessitant l'intervention de l'accompagnateur est plus élevé en cas de glaucome, soit 50 % au lieu de 21 %.
La seconde révèle une proportion plus élevée d'accidents en cas d'anomalies du champ visuel dues à un glaucome.

Medscape Medical News, 12 mars 2012.

DERMATOLOGIE

Le tabagisme favorise le psoriasis

Environ 15 à 20 % des cas de psoriasis (maladie de la peau) seraient directement imputables au tabac, selon trois études. Si les fumeurs ont plus de risque de psoriasis que les non-fumeurs, la différence devient significative après dix ans de consommation et le risque est doublé au bout de trente ans. L'arrêt du tabac s'accompagne d'une tendance à la baisse du risque, mais celui-ci ne disparaît qu'après plusieurs décennies.

American Journal of Epidemiology, mars 2012

PÉDIATRIE

Sport : mieux vaut le stade que la console

Les jeux vidéo sportifs n'incitent pas plus les enfants à faire du sport que les autres jeux vidéo. C'est la conclusion d'une étude ayant suivi 80 enfants de 9 à 12 ans, dont les uns ont été invités à boxer ou danser devant l'écran pendant que les autres se contentaient d'activer leur console. Au bout de trois mois, on n'observe aucune différence entre les groupes en termes d'activité physique journalière mesurée par accéléromètre ou de durée d'inactivité évaluée par questionnaire. Ces données méritent d'être confirmées, d'autres enquêtes ayant établi le contraire.

Pediatrics, 27 février 2012.

PSYCHIATRIE

L'insomnie annonce la dépression

L'insomnie est un symptôme de dépression. Ce pourrait être également un signe avant-coureur, comme le confirme la plus vaste enquête menée à ce jour dans ce domaine. Plus de 40 000 adultes non dépressifs ont été suivis pendant trois ans. Chacun des principaux symptômes d'insomnie (difficulté à l'endormissement, réveils nocturnes, réveil matinal précoce, sommeil non réparateur) se révèle prédictif d'une dépression nécessitant un traitement par antidépresseurs ou psychothérapie. Quand ces quatre symptômes sont présents ensemble au moins deux fois par semaine, le risque est multiplié par deux. Aucun des autres paramètres étudiés (sexe, profession, etc.) n'explique cette corrélation.

Sleep Medicine, mars 2012.

AFP

HORS-SÉRIE | L'ANIMAL ET NOUS

en vente en kiosque

Le thé vert a-t-il de réelles vertus médicinales ?

Plante médicinale en Asie, le thé vert intéresse les scientifiques pour ses propriétés antioxydantes. Est-ce un aliment-médicament pour autant ? Il est trop tôt pour le dire.

BERNARD WARREZ/POUR SCIENCES ET AVENIR

En feuilles, en sachets, soluble, nature ou aromatisé, le thé est, après l'eau, la boisson la plus consommée dans le monde. Doit-on pour autant le considérer comme un « alicament » (un aliment-médicament), surtout lorsqu'il est vert ? Utilisée depuis plus de 4500 ans, sa feuille fut considérée en Asie comme une plante médicinale avant d'être une boisson. La littérature scientifique attribue à *Camellia sinensis* des propriétés thérapeutiques et la plante a été inscrite (1996) dans la pharmacopée française, recueil officiel des médicaments autorisés (1) : l'utilisation du thé vert y est reconnue en cas de fatigue et en tant qu'adjuvant des régimes amaigrissants. Cette inscription ne signifie pas que son efficacité est reconnue dans ces indications, mais atteste de sa non-nocivité pour la santé humaine, aux doses recommandées.

Depuis quelques années, le thé vert retient également l'attention des scientifiques – et des publicitaires – pour les supposées propriétés antioxydantes de ses constituants phénoliques et leur éventuel rôle préventif des affections cancéreuses. Les recherches sont, certes, prometteuses, mais de là à prétendre que boire du thé vert prémunirait du cancer, il y a un fossé que les scientifiques se gardent bien de franchir *(lire l'interview ci-contre)* Reste que si le thé est une boisson désaltérante et non calorique, il présente des effets indésirables qu'il faut connaître.

15 000

Ce serait le nombre de tasses de thé consommées chaque seconde dans le monde où 3,8 millions de tonnes de feuilles de théier sont produites chaque année. La Chine, pays d'origine de la plante, en est le principal fournisseur (1 186 000 tonnes), suivie par l'Inde (950 000 tonnes) et le Kenya (315 000 tonnes).

Non oxydé, le thé vert préserve ses divers composés. Une seule et même espèce (*Camellia sinensis)* est à la base des trois types de thé, qui diffèrent par leur mode de préparation. Le thé noir est composé de feuilles séchées, roulées, oxydées et séchées à nouveau. Le thé vert est chauffé après récolte afin de stopper l'oxydation ce qui lui permet de conserver ses substances. Le thé oolong (ou wulong) est partiellement oxydé. La feuille de théier non oxydée contient des protéines (15-20 %), des polyphénols (15-20 %), des acides aminés (3 %), des glucides (5 %), de la vitamine C, des vitamines B, du fluor et de la caféine (2 à 4 %) (2).

Contenant de la caféine, il est considéré comme un stimulant. Cet alcaloïde, longtemps appelé théine, est bien la même molécule que celle présente dans le café, mais on observe des différences d'action dues à l'environnement de la molécule. La caféine du thé est encerclée de tanins *(voir Lexique)* avec lesquels elle forme un complexe. Au contact de l'acide chlorhydrique de l'estomac, les tanins précipitent, c'est-à-dire forment un produit peu soluble, ce qui ralentit la libération et donc l'assimilation de la caféine (3). Elle diffuse donc de façon plus lente et uniforme dans l'organisme que la caféine du café, et agit de façon moins brusque sur le système nerveux. Elle est également l'une des premières substances à diffuser pendant une infusion. Ainsi, plus le thé est infusé, moins il est excitant. Thé noir et thé vert sont aussi riches en caféine, dont la teneur n'est pas modifié par l'oxydation.

Ses vertus amaigrissantes sont discutables. Boisson non calorique, le thé vert est recommandé comme adjuvant de régimes amaigrissants, mais son action n'est pour l'instant prouvée par aucune étude probante. On reconnaît cependant à la caféine une action diurétique, qui favorise l'élimination d'eau *via* l'urine en stimulant l'action de filtrage des reins. Mais pour autant elle ne fait pas perdre de poids de manière directe et peut simplement aider à résorber une légère rétention d'eau. De plus, cette action diurétique ne paraît effective qu'à des doses de caféine supérieures à 575 mg par jour, soit plus de quatre tasses (4). Quant à son action supposée de « brûle graisses », qui amplifierait les dépenses énergétiques de l'organisme (5) en contribuant à puiser dans les réserves de graisse, aucune preuve scientifique de son efficacité en prise orale n'a été établie jusqu'à présent.

L'action de ses polyphénols en prévention des cancers n'a pas encore fait ses preuves chez l'homme. Les recherches récentes laisseraient entrevoir, *in vitro*, l'activité antioxydante des polyphénols, molécules très abondantes dans le thé vert, qui représentent de 15 % à 20 % de sa matière sèche. La teneur varie selon l'âge de la feuille – les plus jeunes sont les plus riches – et la saison – la teneur étant plus élevée en été. Une tasse de thé vert apporte ainsi 300 à 400 mg de polyphénols et représente, en Europe du Nord, la principale source (60 %) devant les oignons, les pommes et le raisin noir. Ces composés phénoliques pourraient avoir une action de prévention sur certains cancers. *In vitro*, ces molécules sont en effet dites antimutagènes et semblent avoir une action sur la multiplication cellulaire, l'apoptose, ou encore la transcription des gènes (6). Mais pour l'instant, il ne s'agit que d'études chez l'animal, non transposables à l'homme *(lire ci-dessus)*. De plus, les polyphénols n'étant pas des nutriments, ils sont rapidement éliminés par l'organisme. Leur action est donc très limitée dans le temps.

Il limite l'absorption du fer. Les flavonoïdes, substances dont le thé vert est richement doté, entravent l'absorption du fer alimentaire. Pris au cours du repas, le thé peut inhiber de 60 à 70 % son absorption, et entraîner des carences chez les végétariens et végétaliens, les femmes enceintes et les enfants. Il leur est donc recommandé de consommer du thé en dehors des repas.

Il interagit avec certains médicaments. Le thé vert est également riche en vitamine K qui favorise la synthèse de facteurs de la coagulation. Il peut réduire l'efficacité de la warfarine, un médicament anticoagulant (7).

En poudre ou en extrait, il peut provoquer des dommages au foie. Une douzaine de cas d'atteintes hépatiques, en France et en Espagne, chez des patients recevant un extrait de thé vert supposé amaigrissant, a conduit au retrait du marché du produit correspondant en 2003. Depuis, quelques cas analogues ont été recensés. Le mécanisme de cette hépatoxicité n'a pas été élucidé, mais il semble que les effets délétères soient fortement majorés quand ces extraits sont consommés à jeun (8).

LEXIQUE

TANINS : substances présentes dans certaines boissons (thé, café, vin). Ils contribuent au parfum du thé, mais provoquent la coloration des dents.

ANTIMUTAGÈNE : substance qui lutte contre des agents physiques ou des substances chimiques susceptibles d'entraîner des mutations du code génétique, qui sont transmises à la descendance des cellules et modifient leur caractère. Ce mécanisme est impliqué dans l'apparition de cancers.

APOPTOSE : mort cellulaire programmée. Elle s'oppose à la nécrose, mort cellulaire due à un traumatisme.

PAULE LATINO-MARTEL Responsable du Réseau national alimentation cancer recherche

Prématuré

« Les propriétés protectrices vis-à-vis du cancer des polyphénols du thé vert – et notamment de celui dénommé épigallocatéchine gallate – ont été mises en évidence. Mais uniquement sur les modèles animaux et cellulaires, et à des doses bien supérieures à la consommation humaine. Ces résultats n'ont pas été confirmés par les études épidémiologiques prospectives sur des populations humaines. Il n'y a donc pas de raisons pour l'heure de formuler des recommandations visant à la consommation de thé vert pour se prémunir du cancer. Seules des études prospectives, rigoureuses, sur de larges échantillons de population, pourront confirmer ou infirmer son éventuel intérêt. »

(1) *J. O.*, n° 281, 3 décembre 1996, p. 17540. (2) *Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes Médicinales.* Jean Bruneton. Editions Tec et Doc. 2009. (3) Frazier Richard A et al. « Interactions of tea tannins and condensed tannins with proteins », *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 2009, Vol. 51. (4) David Schardt. « Caffeine : the good, the bad, and the maybe », *Nutrition Action.* Mars 2008. (5) P.Auvichayapat et al., « Effectiveness of green tea on weight reduction in obese thais : A randomized, controlled trial », *Physiology and Behavior* 93 (2008) : 486-91. (6) Yang CS et al. « Cancer prevention by tea : evidence from laboratory studies ». *Pharmacol. Res.* 2011 ; 64 : 113-122. (7) Taylor JR, Wilt VM. « Probable antagonism of warfarin by green tea » *Ann. Pharmacother* 1999 ; 33 (4) : 426-8. (8) Mazzanti.G. et al. « Hepatotoxicity from green tea : a review of the litterature and two unpublished cases », *Eur. J. Clin. Pharmacol.* 65, 331-341.

Débat

Heinz Wismann et Axel Kahn

Repenser le progrès dans une perspective humaniste

La notion de progrès, profitant de la période électorale, est revenue à la mode. Bonne raison pour notre magazine, qui explore tous les mois les avancées des sciences et des techniques, d'aller au-delà du mot slogan et d'interroger sa signification actuelle. Nos lecteurs savent que ce progrès scientifique et technique a jadis été envisagé comme source quasi automatique de perfectionnement dans le domaine social, politique et plus largement… de l'humain. Une croyance aujourd'hui intenable et sujette à débat. Nous en avons profité pour lancer cette nouvelle rubrique qui verra, plusieurs fois par an, des scientifiques, philosophes, experts etc., débattre d'une question d'importance. Axel Kahn et Heinz Wismann, que nous remercions d'inaugurer la formule, nous expliquent ici pourquoi la notion de progrès n'a pas toujours existé, comment elle s'est séparée de celle d'innovation et pourquoi il est nécessaire de lui assigner une finalité dans une perspective humaniste. **Dominique Leglu**

***Sciences et Avenir* : Est-il légitime d'utiliser le mot progrès aujourd'hui ?**

Heinz Wismann : Plus que légitime : indispensable. Le progrès fait partie des termes qui ont été forgés pour rassembler, fédérer, et, de ce fait, ont besoin d'être clarifiés. On ne peut rallier sur un malentendu. Et c'est aujourd'hui l'un des problèmes de la politique : les concepts utilisés ne sont pas clairs. D'où la nécessité de se poser la question : d'où vient ce concept et à quelle situation historique fait-il référence ?

Axel Kahn : Il est effectivement urgent de redéfinir le progrès. Ce qui lui porte préjudice aujourd'hui, c'est le flou qui entoure sa finalité. Pour ses théoriciens, le progrès permet si évidemment de promouvoir l'homme qu'il est inutile de s'en fixer l'objectif. Or, il est naïf de penser que cela va de soi. Il nous faut modifier l'énoncé : le progrès est la mobilisation de l'intelligence et de la créativité pour produire des connaissances et des techniques, et générer des richesses dans un but humaniste. Pour moi la refondation du progrès exige que l'objectif humaniste figure de manière explicite et non pas implicite.

H. W. : Tout le problème est bien de définir cette perspective humaniste qui assigne au progrès une finalité. C'est pourquoi il faut sans cesse accompagner les sciences et techniques d'un travail d'analyse des retombées sociales et l'inclure dans une vision globale.

La notion de progrès a-t-elle toujours existé ?

H. W. : Historiquement, la notion de progrès apparaît avec la modernité européenne, à l'époque de la Renaissance. Elle est absente des sociétés antérieures, dites prémodernes, qui considèrent que tout ce qui est nouveau est en réalité un retour de l'ancien. Cette conception, fondée sur la vision géocentrique de l'Univers, illustrée par la cosmologie grecque, se trouve ébranlée au XVe siècle : l'astronome Copernic bouscule la représentation traditionnelle du monde en plaçant le Soleil au centre, ce qui relègue la Terre en périphérie, au rang des autres corps célestes en orbite autour du Soleil. Au même moment, on découvre le Nouveau Monde. Le « nouveau » revêt alors un sens plus radical. Puis paraît, en 1516, *L'Utopie* de Thomas Moore. Cet ouvrage marque un tournant décisif car il ancre – pour la première fois – le destin de l'homme dans le futur. La nouveauté devient ainsi synonyme de progrès, de progression vers le but de l'aventure humaine. Cet optimisme, qui sous-tend l'essor des sciences et des techniques pendant les siècles des Lumières, commence à être battu en brèche au XIXe siècle, où s'amorce une séparation entre l'innovation en tant que telle et le progrès, dont héritera l'époque dite postmoderne.

A. K. : Je retiens trois idées importantes formulées au XVIIe siècle. D'abord, l'affirmation *« Le savoir est pouvoir »* du philosophe anglais Francis Bacon, qui bouleverse l'époque. Auparavant, le savoir était totalement dissocié du pouvoir, l'objectif de la connaissance étant de comprendre l'harmonie du monde. Ainsi, à l'âge d'or des sciences arabes, entre le VIIIe et le XIe siècle, la connaissance est un moyen de s'approcher de la magnificence de Dieu et non pas de défier son pouvoir. Il en est de même pour la Renaissance italienne dont le but, malgré l'invention de la perspective et de différentes techniques, est avant tout de retrouver l'harmonie chère aux Grecs. Deuxième idée, une dizaine d'années après Bacon : dans le *Discours de la méthode*, le philosophe René Descartes explique que le savoir *« est le pouvoir de se rendre comme maître et possesseur de la nature »*. Dans la continuité, Pascal évoque l'accumulation du savoir : *« Toute la suite des hommes, pendant le cours de tant de siècles, doit être considérée comme un seul homme qui subsiste toujours et qui apprend continuellement. »* Il s'ensuit que l'homme est de plus en plus savant, car les nains que nous sommes, juchés sur les épaules des géants qui nous ont précédés, continuent à voir plus loin qu'eux. Prenons les trois citations ensemble : puisque *« le savoir est pouvoir »* et que le savoir est infiniment cumulatif, il s'ensuit que l'homme est de plus en plus puissant. Ces trois éléments fondamentaux provoquent un bouleversement planétaire.

Quels types de bouleversement ?

A. K. : Il y a les pays qui empruntent cette dynamique du progrès au sens où on l'entend au siècle des Lumières… et ceux qui ne s'y engagent pas. L'histoire de l'Asie ●●●

HEINZ WISMANN est philologue et philosophe, directeur d'études à l'Ecole des hautes études en sciences sociales (HESS). Conseiller de plusieurs ministres en matière d'enseignement et d'éducation, il est l'auteur de nombreux livres. Dernier ouvrage paru : *Les Avatars du vide, Démocrite et les fondements de l'atomisme,* éditions Hermann.

AXEL KAHN, médecin généticien, directeur de recherche à l'Inserm, a été président de l'université Paris-Descartes. Il a été membre du Comité national consultatif d'éthique. Il est candidat aux élections législatives dans la deuxième circonscription de Paris. Dernier ouvrage paru : *Controverses*, avec Valérie Pécresse, Nil éditions.

●●● montre que le Japon s'est converti à cette voie au XIXe siècle puis les pays voisins au début du XXe siècle. Et l'on assiste alors à une auto-amplification du progrès. En effet, la connaissance aboutit à des techniques qui produisent des richesses qui, à leur tour, permettent d'accroître les recherches qui engendrent de nouvelles techniques qui… Reste que ni Bacon ni Descartes n'ont jamais supposé que c'était là le moyen de garantir le bonheur de l'humanité ! Le premier estime même que, sur la route du progrès, il conviendrait que parfois l'homme s'arrête pour se regarder passer et se juger… Il présente là un certain principe de précaution !

Comment l'innovation s'est-elle peu à peu séparée du progrès ?

H. W. : La Révolution française, en mettant fin au système des privilèges de l'Ancien Régime, qui canalisait l'activité économique au profit d'un certain ordre politique et social, a libéré le dynamisme du marché. Ainsi a été favorisé le développement de l'esprit d'entreprise, principal moteur de la révolution industrielle déjà entamée dans le monde anglo-saxon, notamment en Amérique. Cependant, la foi dans le progrès qui anime les acteurs de cette marche en avant se heurte au scepticisme grandissant des jeunes générations, impatientes de cueillir les fruits des efforts consentis par leurs aînés. Au lieu de sacrifier le présent à la promesse de lendemains meilleurs, certains jeunes bourgeois quittent alors le giron familial, s'installent à Montmartre ou à Montparnasse et se proclament artistes. Ils forment peu à peu une communauté marginale, à laquelle on donnera le nom de bohème. Pour eux, le sens de l'existence ne se trouve ni dans le passé ni dans le futur mais dans l'intensité de l'instant vécu. Comme le note Baudelaire : « *La modernité, c'est le transitoire, le fugitif, le contingent, la moitié de l'art, dont l'autre moitié est l'éternel et l'immuable.* » Le culte de l'éphémère, qu'entretient la consommation de drogues, impose l'innovation au détriment du progrès. Il annonce à distance la culture de consommation débridée d'aujourd'hui.

A. K. : Karl Marx, théoricien du socialisme et auteur du célèbre *Capital*, a très bien analysé cette période dès la naissance officielle de la pensée libérale. Ses critiques font de lui l'un des meilleurs analystes de cette économie. On ne peut pas comprendre ce qui se passe sans l'avoir lu ou relu.

> « A trop consommer, nous ne savons plus attendre. Or le désir est dans l'attente »
>
> **Heinz Wismann**

H. W. : Effectivement. Karl Marx explique que la libéralisation de l'économie, tout en stimulant la prospérité, engendre nécessairement des crises cycliques de surproduction. Pour éviter les effets douloureux du réajustement des marchés, il recommandait de replacer l'économie sous la tutelle de l'Etat. Nous avons pris un autre chemin, celui de la « croissance continue ». En effet, après la crise de la fin des années 1920, nous avons choisi, afin de maintenir l'activité, d'utiliser l'endettement dans le but de faire absorber la surproduction par la consommation. Or comment inciter à consommer toujours plus ? La publicité s'en est chargée. A la différence de la « réclame », qui vantait platement les progrès accomplis par de nouveaux produits, elle insiste avec un art consommé de la séduction sur les attraits de la nouveauté, en érotisant, c'est-à-dire en fétichisant, les marchandises.

Quelles sont les conséquences cette mise en avant permanente de la nouveauté hors progrès ?

H. W. : Les conséquences affectent les conditions mêmes de notre existence. D'abord sur le plan économique et environnemental : pour produire tous ces biens de consommation superflus, nous exploitons de manière inconsidérée les ressources naturelles. Nous épuisons la Nature, qui nous fournit les matières premières de nos productions. Mais ce faisant, nous épuisons également notre nature interne. A trop consommer, nous ne savons plus attendre. Or, le désir se nourrit de l'attente. La surconsommation provoque l'extinction progressive de la capacité de désirer. C'est un drame humain de plus en plus fréquent, qui entraîne ce qu'on appelle élégamment le « burn out ». De fait, nous vivons les débuts d'une épidémie de dépression, dont la frénésie de consommation est à la fois la cause et le symptôme.

Pourtant, le XXe siècle n'a-t-il pas été un siècle de progrès ?

H. W. : Le XXe siècle est terrible ! Il est à la fois le siècle de la confirmation et de l'infirmation des promesses du progrès…

A. K. : Tout à fait. Il a tenu ses promesses en médecine par exemple : les femmes maîtrisent leur fécondité, les enfants ont toutes les chances de survivre lorsqu'ils sont mis au monde, la longévité a augmenté… C'est extraordinaire pour l'homme. Mais parallèlement, le progrès a servi des guerres horriblement meurtrières. Ce siècle a vu deux ou trois génocides, la bombe atomique, l'effet de serre. Le bonheur n'a pas progressé au même rythme que le pouvoir acquis par le savoir. L'exemple criant est celui de Fritz Haber, prix Nobel en 1918. Son travail scientifique est remarquable : il parvient à transformer l'azote de l'air en sel d'ammonium, réussissant ainsi la synthèse de l'ammoniac. Les engrais azotés qu'il produit permettent de multiplier par deux ou trois le rendement des sols. Il a ainsi sauvé des centaines de millions de gens de la famine. Mais Fritz Haber est le premier à proposer l'utilisation du chlore comme gaz de combat, notamment à Ypres pendant la Première Guerre mondiale. Sa femme, chimiste elle aussi, ne parvenant pas à l'en dissuader se donnera la mort. Il invente le Zyklon B qu'il continue à développer comme insecticide, malgré l'interdiction imposée par le traité de Versailles. C'est cet effroyable produit qui sera utilisé par les nazis pour tuer ses coreligionnaires dans les camps de concentration, car même s'il s'était converti au protestantisme, il était considéré comme juif par le régime nazi. Son cas illustre bien comment l'accumulation du savoir devient synonyme d'un pouvoir qui peut être utilisé au détriment ou au bénéfice des autres… L'optimisme du progrès voudrait croire que c'est toujours au bénéfice.

Les comités d'éthique ne sont-ils pas là pour en débattre ?

A. K. : En effet, mais je constate qu'au sein des comités d'éthique – c'est surprenant mais ainsi –, la principale opposition est toujours entre les partisans de Socrate et ceux de Protagoras. Pour comprendre, rappelons ce que nous dit Platon. Il affirme que pour Socrate, le Vrai – qui caractérise le savoir – conduit au Bien, et seul celui qui est dans l'ignorance peut s'engager dans la voie du Mal. Mais Protagoras, qui est la figure du sophiste, ne peut adhérer à cela : pour lui, la quête du Bien est séparée de celle du Vrai. Cette fracture entre les sophistes et les platoniciens ne s'est pas comblée avec le temps… Il y a ceux qui sont persuadés comme Socrate que le savoir conduit à l'épanouissement et au bonheur. Pour ma part, je suis plutôt du côté de Protagoras. Lorsque Rabelais déclare « *Science sans conscience n'est que ruine de l'âme* », il se comporte aussi comme sophiste. Il considère que la conscience est indépendante du savoir. Il faut qu'il y ait un débat permanent entre science et conscience. Au sein des comités d'éthique, je vois clairement l'opposition de Socrate à Protagoras. Certains considèrent qu'une innovation scientifique belle et brillante est très probablement bonne. Et il y a ceux pour qui l'excellence d'un travail de recherche ne dit rien de l'appréciation morale que l'on peut porter sur ses conséquences. C'est un élément de clivage principal.

H. W. : Je fais partie du Comité d'éthique de l'Inra (Institut National de recherche agronomique), lequel est régulièrement confronté à cette problématique. Voici un exemple parmi d'autres: des travaux de recherche conduits en laboratoire avaient permis, grâce à des manipulations génétiques, de fabriquer une truie avec deux mamelles supplémentaires permettant d'élever des porcelets surnuméraires. Cet exploit s'inscrivait dans la logique productiviste qui avait été, depuis la création de l'Inra après la dernière guerre, la raison d'être de cette institution vouée à l'amélioration du rendement de l'agriculture. Dès lors, quels arguments pouvait-on opposer à ce qui était considéré par les professionnels du secteur comme une prouesse à la fois scientifique et économique? La seule objection que nous avions trouvée a été de dire que la manipulation des rétrovirus inhibés au cours de l'évolution présents dans le génome du porc pouvait constituer un risque de santé publique. En réalité, l'idée d'autoriser la fabrication de cette chimère nous était insupportable. Peut-être aurait-il fallu raisonner à partir d'une autre conception du progrès…

> « Le bonheur n'a pas progressé au même rythme que le pouvoir acquis par le savoir »
>
> **Axel Kahn**

A vous entendre, il semble difficile de trouver un sens nouveau au mot progrès… Etes-vous pessimistes ?

A. K. : Non, j'ai même quelque raison de croire à un certain optimisme. Pour l'instant, nous sommes dans un état ●●●

REPÈRES

Progrès et bonheur chez quelques philosophes et écrivains français

BONHEUR. « L'espèce humaine marche d'un pas ferme et sûr dans la route de la vérité, de la vertu et du bonheur. » **Nicolas de Condorcet, Esquisse d'un tableau historique des progrès de l'esprit humain (1795)**

MAÎTRES ET POSSESSEURS DE LA NATURE. « Car [quelques notions générales touchant la physique] m'ont fait voir qu'il est possible de parvenir à des connaissances qui soient fort utiles à la vie, et qu'[…] on peut en trouver une pratique, par laquelle connaissant la force et les actions du feu, de l'eau, de l'air, des astres, des cieux et de tous les autres corps qui nous environnent […], nous les pourrions employer […] et ainsi nous rendre comme maîtres et possesseurs de la nature. » **René Descartes, Discours de la méthode (1637)**

SCIENCE, RÊVE ET BEAUTÉ. « L'idéal moderne a son type dans l'art, et son moyen dans la science. C'est par la science qu'on réalisera cette vision auguste des poètes : le beau social. On refera l'Eden par A et B. Au point où la civilisation est parvenue, l'exact est un élément nécessaire du splendide, et le sentiment artiste est non seulement servi, mais complété par l'organe scientifique ; le rêve doit calculer. » **Victor Hugo, Les Misérables (1862)**

PROGRÈS. « Je crois que l'avenir de l'humanité est dans le progrès de la raison par la science. Je crois que la poursuite de la vérité par la science est l'idéal divin que l'homme doit se proposer. […] Je crois que la somme de ces vérités, augmentées toujours, finira par donner à l'homme un pouvoir incalculable, et la sérénité, sinon le bonheur… » **Emile Zola, Le Docteur Pascal (1893)**

Axel Kahn et Heinz Wismann avec Dominique Leglu, directrice de la rédaction de « Sciences et Avenir » (à gauche), Carole Chatelain, rédactrice en chef (à droite) et Azar Khalatbari, au cours du débat à la rédaction.

●●● où les valeurs sont réduites à leur contrepartie financière : la liberté, l'éducation, la sécurité se monnaient. C'est le résultat d'une certaine forme de libéralisme qui considère que le progrès doit aboutir uniquement à accumuler des richesses. Il est évident que poursuivre dans cette voie ne conduira qu'à une aggravation des inégalités, des tensions sociales et au sacrifice des ressources naturelles. Pourtant, l'optimisme est permis comme nous le montre l'exemple, parmi d'autres, de Bill Gates J'ignore s'il a lu Goethe, mais il agit selon le « syndrome de Faust ». Comme vous le savez, Faust a passé un pacte avec le diable : lorsqu'il sera entièrement satisfait, celui-ci pourra emporter son âme en enfer. Or, avide d'avoir toujours plus de femmes ou d'argent, il n'est jamais satisfait et le diable s'impatiente. Jusqu'au jour où Faust

> « Il s'agit au fond de rédéfinir l'utopie »
>
> **Heinz Wismann**

décide d'utiliser la totalité de sa richesse et de sa science pour construire des digues aux Pays-Bas afin de protéger les villages des grandes marées. Pour la première fois, les villageois peuvent enfin envisager l'avenir avec sérénité. Et Faust est pleinement heureux, la réalisation de soi passant par les autres. Dès lors, après une telle bonne action, il devient impossible que son âme aille au diable ! De la même manière, ce qui rend aujourd'hui Bill Gates heureux, ce n'est pas sa richesse immense mais sa fondation Bill & Melinda Gates. Il y consacre l'essentiel de son énergie pour financer le traitement des maladies orphelines et la recherche en faveur des populations les plus pauvres. Je suis persuadé que sur son lit de mort, il y verra son plus grand bonheur. Personne ne peut vivre en effet dans l'illusion d'atteindre la satisfaction grâce à une richesse extraordinaire. Des études ont d'ailleurs montré qu'amasser des biens ne rend pas plus heureux. Voilà donc une première raison d'être optimiste : la consommation ne mène pas au bonheur. La seconde est que nous avons tous un égoïsme de lignage. Dans ce sens, l'injonction du philosophe allemand Hans Jonas est fondamentale : « *Fais en sorte de léguer à l'humanité une terre compatible avec l'épanouissement d'une vie authentiquement humaine.* » Nous voulons tous léguer à nos enfants un monde au moins semblable à celui dont nous bénéficions aujourd'hui. Pour cela, il nous faut rompre avec ce progrès qui, guidé par la consommation à outrance, pille et altère l'environnement. Ce lien de filiation me laisse supposer que peut-être, le pire n'est pas sûr.

H. W. : Qu'on soit pessimiste ou optimiste ne change finalement rien au fait que nous sommes en train de faire fausse route. Or la pression du système est telle que seule une transformation radicale des espoirs soulevés par le progrès moderne, puis dévoyés par l'économie de l'innovation incessante, peut arrêter la course vers l'abîme. Il s'agit, au fond, de redéfinir l'Utopie. Celle-ci devra rendre plausible, outre la réconciliation avec la nature, un mode de vie affranchi des contraintes de l'impatience. Car la clé du problème est le rapport au temps. Au lieu de vouloir en gagner à chaque pas, en se précipitant sur les mirages de la nouveauté, il faudrait se résoudre à en perdre, en retenant l'instant qui passe. C'est assurément une question de culture. L'art, par exemple, bloque la fuite du temps. Lorsqu'on chante ou joue une mélodie, on s'installe dans une durée qui accueille dans le présent tout son passé et tout son avenir. L'éducation devrait privilégier ce type d'expérience, accessible également par la lecture et par la contemplation d'un tableau, afin de prémunir l'enfant contre la fascination morbide des instants sans épaisseur, qui ne procurent d'autre jouissance que celle, frustrante, de la nouveauté.

Différer la consommation et laisser le désir s'épanouir est un projet certes difficile, mais des modèles existent, y compris des stratégies économiques qui iraient dans ce sens. Ainsi l'exemple de l'industrie de luxe, qui se porte paradoxalement bien par temps de crise, tend à prouver que l'importance de l'investissement, en termes d'attente autant qu'en termes d'effort financier, garantit la qualité d'un plaisir plus durable que l'acquisition rapide et facile d'objets aussi promptement délaissés. Cette inversion complète de la logique habituelle des incitations à consommer donne à réfléchir. Si l'optimisme est encore de mise, chaque indice de ce renversement possible des tendances actuelles mérite d'être attentivement scruté.

Propos recueillis par
Carole Chatelain, Azar Khalatbari et Dominique Leglu
Photos : Serge Picard pour Sciences et Avenir

Une formidable diversité

12 fois par an, l'actualité des savoirs pour tous

N° 770 Catastrophe au Japon : le nucléaire en questions

N° 771 Ce que nos gènes disent de nous

N° 772 Les nouvelles histoires de l'homme

N° 773 Trésors de France

N° 774 Testez votre science

N° 775 La vérité sur le bio

N° 777 Ce que la science sait de la mort

N° 778 Premiers échos des mondes cachés

N° 779 L'or perdu des Amériques

N° 780 Homme-femme, la science face aux idées reçues

N° 781 On a créé le virus le plus dangereux du monde

N° 782 45 ans, le bel âge cérébral

Et les hors-séries

HS n° 163 A la découverte des peuples mystérieux

HS n° 164 10 ans de science en images

HS n° 165 Egypte, 3000 ans d'énigmes

HS n° 166 Les héros de l'espace

HS n° 167 Nouvelles découvertes en Méditerranée

HS n° 168 Le pouvoir infini des mathématiques

HS n° 169 Qu'est-ce que l'Homme ?

HS n° 170 L'animal et nous

Bon de commande

Je commande les numéros ci-après au prix de : **7 €** par numéro payable par chèque à l'ordre de Sciences et Avenir (port compris pour la France). Bon de commande à retourner à :
Sciences et Avenir
33, rue Vivienne, 75002 Paris.

❑ N° 770 ❑ N° 771 ❑ N° 772 ❑ N° 773
❑ N° 774 ❑ N° 775 ❑ N° 777 ❑ N° 778
❑ N° 779 ❑ N° 780 ❑ N° 781 ❑ N° 782

❑ HS N°163 ❑ HS N°164
❑ HS N°165 ❑ HS N°166
❑ HS N°167 ❑ HS N°168
❑ HS N°169 ❑ HS N°170

❑ **Commandez une reliure pour 12 numéros : 15 €**

Nom : . . . . . .
Adresse : . . . . . .
. . . . . Ville : . . . . . .
Code postal : . . . . . .

Méroé

L'empire qui défia Rome

Notre envoyée spéciale au Soudan est partie sur les traces de l'ultime royaume du pays de Kouch (300 avant J.-C. – 450 après J.-C.), en compagnie de Claude Rilly, présenté comme le nouveau Champollion. Reportage exclusif.

Dossier réalisé par Bernadette Arnaud

R-P DIZIAUX/SFDAS - THE BRITISH MUSEUM - DIST RMN-GP

D'étranges pyramides dans le désert du Soudan p. 54

AGATHE CHEVANNES/DE SEPINGA

Les Candaces, souveraines face à Rome p. 60

BPK, BERLIN, DIST. RMN-GP

La langue méroïtique expliquée par Claude Rilly p. 63

BERNADETTE ARNAUD

Les pyramides royales de la nécropole nord de Méroé émergent des sables du désert soudanais. En haut à gauche, ce buste d'Auguste en bronze, élément de butin retrouvé parmi ces ruines, pourrait attester des succès des Méroïtes face aux légions romaines à la fin du Ier siècle avant J.-C.

Soudain, un fragment de méroïtique arraché aux sables…

Vue aérienne de l'immense nécropole de Sedeinga montrant quelques-uns des centaines de vestiges de tombes pyramidales napatéennes et méroïtiques en terre crue ❶. Sur le site, Vincent Francigny dégage une stèle funéraire gravée en méroïtique cursif ❷ et ❸. Cette langue énigmatique est en passe d'être traduite par l'épigraphiste Claude Rilly (CNRS). La surface de la stèle et ses 13 lignes d'écriture vont être traitées avant l'application d'un film de protection. Des traces de pigments rouges sont encore visibles ❹.

PHOTOS : B.N. CHAMPOLLION/SFDAS - ADAMIE CHEVRIER/SFDAS - BEATRICE LE MINAUD

D'étranges pyramides dans le désert du Soudan

D'incroyables vestiges, mis au jour sur le site de Sedeinga où œuvre une équipe d'archéologues français, attestent de la richesse de l'antique civilisation de la haute Nubie. Et de l'influence de son puissant voisin égyptien.

« **Je vois le nom du père** *et de la mère… puis un lien de parenté que l'on ne connaît pas. Cela se termine par quelque chose comme "so-to". C'est très étrange.* » Agenouillé dans le sable, Claude Rilly, encore sous le choc de la découverte, tente de percer le sens des 13 lignes d'écriture délicatement gravées à la surface de la stèle qui vient de lui être apportée. Abandonnant pelles et pioches, les archéologues arrivent en courant des quatre coins du chantier pour assister à cette scène exceptionnelle de déchiffrage « en direct ». Ne sont-ils pas devant celui que l'on présente comme le nouveau Champollion, le plus grand spécialiste contemporain de cette langue encore mystérieuse appelée méroïtique ? « *Il y a encore des traces de pigments rouges. Et là, une reprise d'invocation… En revanche, on n'a pas les formules funéraires* », poursuit l'expert qui s'excuse presque d'être si fébrile : « *Le méroïtique, c'est ma vie. Chaque fragment retrouvé de ce langage perdu est un événement* [(lire p. 61)], » dit-il, face aux traces de l'écriture inventée il y a deux mille ans par les habitants de l'antique haute Nubie, le pays de Kouch, un empire africain contemporain de l'Egypte ptolémaïque et de Rome, que les anciens Grecs appelaient Aithiops ([pays des]« hommes au visage brûlé »). Penchée à mon tour sur la stèle, je mesure ma chance. A peine arrivée sur le site de Sedeinga, où œuvre l'équipe française du SFDAS (Section française de la direction des antiquités du Soudan) (1), après deux jours de route dans le désert de Nubie, j'ai l'immense privilège d'assister à cette découverte qui va sans doute contribuer à lever un petit coin du voile sur l'histoire encore peu connue de Méroé (300 avant J.-C. - 450 près J.-C.), l'ultime royaume du pays de Kouch (2). Dès la fin du XIXe siècle, les restes de trois grands royaumes kouchites ont en effet été mis au jour le long du Nil, dans une zone située entre la première et la sixième cataracte *(voir la carte p. 57)*. Leur capitale avait été successivement déplacée vers le sud : Kerma (2500 - 1500 avant J.-C.), Napata (660 - 330 avant J.-C.), puis Méroé (entre 300 avant J.-C. et 450 après J.-C.) *(voir la chronologie p. 58)*.

« *Il me faut passer les produits fixant maintenant !* », intervient soudain Vincent Francigny, désolé de devoir arracher son trésor antique à Claude Rilly. Le chercheur du Laboratoire d'anthropologie africaine du muséum d'Histoire naturelle de New York sait qu'il y a urgence. Le jour déclinant, il faut profiter des derniers instants de lumière naturelle pour consolider très vite la stèle de grès afin de préserver ses précieux vestiges. La stèle transportée dans la réserve, l'expert y dépose au pinceau une couche de silicate d'éthyle puis une fine pellicule de paraloïd dilué à 5 % afin de protéger durablement la surface de pierre. La brusque mise en route du groupe électrogène vient rompre le silence, relayant pour la nuit la vieille installation de panneaux solaires destinée à alimenter les batteries des ordinateurs et des appareils de mesure. Au dehors, le spectacle inattendu d'une éclipse de lune est à peine troublé par les arabesques joyeuses de centaines de chauves-souris.

Situé dans un paysage lunaire constitué, d'un côté, d'un désert de sable et de rocailles et, de l'autre, des rives sauvages et verdoyantes du Nil, le panorama qui s'étend sous mes yeux à l'aube me semble ●●●

Un rite funéraire qui évolue

Depuis des siècles, des caravanes de dromadaires empruntent la « route des quarante jours » et traversent la nécropole de Sedeinga pour se rendre en Egypte ❶. Avant d'élever des pyramides, comme celles de la nécropole du Djebel Barkal ❷, les Méroïtes ensevelissaient leurs morts sous de grands tumulus, à l'instar des souverains sur le site d'el-Kurru. Ici l'intérieur de la tombe de Qhalata, la mère de Tanotamani, le dernier pharaon noir ❸.

PHOTOS : VINCENT FRANCIGNY - BERNADETTE ARNAUD - INFOGRAPHIE : BETTY LAFON

●●● proche de celui qu'aperçut sans doute le Nantais Frédéric Cailliaud au XIXe siècle. A l'époque, le découvreur du site avait été attiré sur place par les ruines d'un temple égyptien dédié à la reine Tiyi, vestiges d'une ancienne présence pharaonique dans le pays (1500 - 1100 avant J.-C.) lorsque les armées d'Aménophis III étaient venues anéantir les habitants de Kouch pour les punir de leurs tentatives d'invasion de la basse Nubie, le Ouaouat égyptien. Le chantier archéologique s'étend aujourd'hui sur 60 hectares. Dans le froid du petit jour, en compagnie des premiers ouvriers arrivés des villages voisins de Qubatt Selim et Nilwa, j'aperçois à l'horizon des centaines de quadrilatères de briques crues, la plupart écrêtés, encore enfouies sous les sables. Difficile d'imaginer que ces restes de monuments funéraires arasés furent, jadis, d'imposantes pyramides colorées. Tous rappellent pourtant que, huit cents ans après que cette forme architecturale a été abandonnée par les Egyptiens, elle connaissait un succès fulgurant chez les Kouchites comme en témoigne également le prestigieux site de Méroé (l'actuelle Begrawwiya) classé depuis 2011 sur la liste du patrimoine mondial de l'humanité. A quoi pouvaient bien ressembler ces pyramides ? *« Chacune obéissait à un plan canonique*, explique Claude Rilly. *La chambre funéraire creusée à trois ou quatre mètres de profondeur, et à laquelle on accédait par une descenderie, était surmontée du tétraèdre associé à une chapelle. Edifice solaire, le monument était destiné à aider l'âme du défunt à rejoindre l'astre du jour dans son voyage diurne. La chapelle, elle, était dédiée au culte du mort. On y déposait des stèles funéraires et des vases, ainsi qu'une table d'offrandes, sur un petit promontoire. »*

« On ne pouvait véritablement pénétrer que dans les chapelles royales, bâties en pierre. Pour le commun des mortels, tout était simulacre, et de petite taille », précise l'archéologue. De surcroît, si les pyramides étaient orientées vers le nord, la chapelle ainsi que le visage du trépassé étaient exposés vers l'est, de façon à accueillir chaque matin les premiers rayons du soleil.

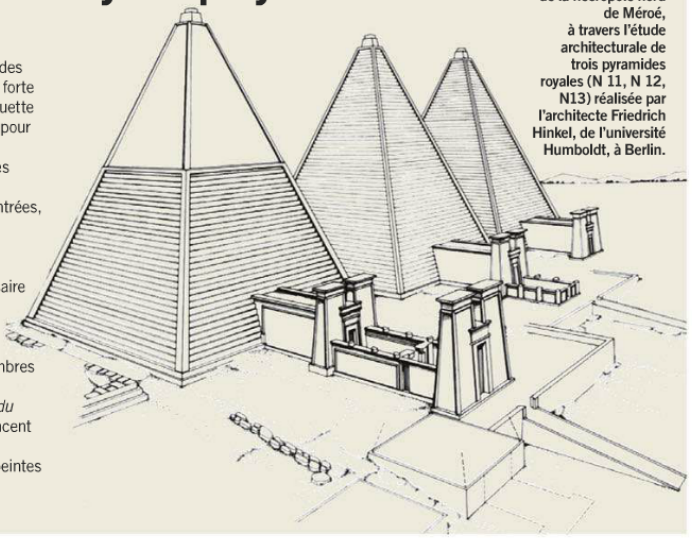
Les souverains kouchites se sont toujours perçus comme les successeurs des grands pharaons

Comment expliquer cette fascination subite pour les pyramides chez les habitants de Kouch ? La tradition funéraire locale n'était-elle pas jusqu'alors d'ensevelir les morts sous de grands tumulus, à l'instar des pratiques des grands rois de Napata, le royaume précédent celui de Méroé *(voir la chronologie p. 58)* ? Pour comprendre ces comportements, il faut se plonger dans les profondeurs de l'histoire de ce pays et de ses relations tumultueuses avec le voisin égyptien. *« En Nubie, cet emprunt a débarqué avec la XXVe dynastie, celle des pharaons noirs (800 à 663 avant J.-C.). Ces rois africains s'étaient en effet emparés de l'Egypte où ils régnèrent pendant plus de soixante ans »*, précise Vincent Francigny. Après avoir pénétré en Egypte, et être allé jusqu'à Alexandrie, les souverains s'installent finalement à Memphis, la capitale. Qu'ont-ils alors devant les yeux ? Le plateau de Gizeh et toutes ses pyramides ! *« Imprégnés de culture égyptienne, ces souverains kouchites se sont toujours perçus, dans une filiation sublimée, comme les successeurs des grands pharaons »*, poursuit l'archéologue. Dès lors, la pyramide devient pour eux aussi le symbole solaire sous lequel ils souhaitent être inhumés de retour dans leur patrie. Pratique qu'ils poursuivent après 664 avant J.-C., lorsqu'ils sont chassés d'Egypte par les nouveaux conquérants assyriens.

Les premières pyramides kouchites vont donc apparaître à el-Kurru *(voir carte ci-contre)*, dans le cimetière ancestral où les premiers rois de Napata s'étaient fait ensevelir sous des tumulus pendant des générations. Le grand souverain Taharqa fonde, quant à lui, sa propre nécropole royale en érigeant sa pyramide sur le site de Nouri. Puis, lorsque le pharaon égyptien de la XXVIe dynastie, Psammétique II, vient détruire Napata pour se venger des pharaons noirs, les Kouchites déplacent leur capitale à Méroé, plus au sud. Dès lors, tous les souverains kouchites se feront inhumer dans le cimetière de la célèbre cité et ses trois nécropoles, aujourd'hui ●●●

Des monuments royaux polychromes

Les premières pyramides royales kouchites sont des monuments funéraires plus petits que ceux des Egyptiens, avec une verticalité plus forte (70 % contre 50 %), d'où une silhouette singulière. L'intérieur est trop étroit pour y placer une chambre funéraire.
A Méroé, elles seront donc comblées avec du sable et de la rocaille.
Les chambres funéraires, plutôt centrées, sont creusées sous le monument, mais toutes les typologies existent.
Devant certaines pyramides royales dotées d'une chapelle, il est nécessaire de parcourir 10 à 12 mètres pour atteindre le départ d'un escalier, creusé profondément.
En l'empruntant, on arrive aux chambres funéraires souterraines. « *Chacune d'entre elles peut atteindre la taille du monument de surface* », précise Vincent Francigny. Les pyramides étaient couvertes d'enduit et entièrement peintes de blanc, d'ocre rouge et de bleu.
Les trois couleurs exclusives.



Vue isométrique de la nécropole nord de Méroé, à travers l'étude architecturale de trois pyramides royales (N 11, N 12, N13) réalisée par l'architecte Friedrich Hinkel, de l'université Humboldt, à Berlin.

ILLUSTRATION F. HINKEL

1

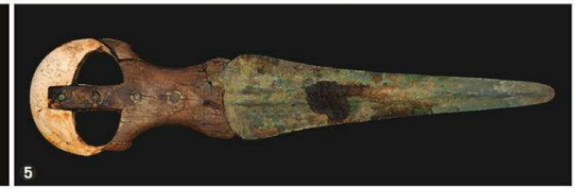
Verre, quartz et cornaline

De nombreux objets exceptionnels ont été découverts lors des différentes fouilles sur le site de Sedeinga. Gobelet en verre soufflé (IIIe siècle), décoré de scènes d'offrandes à Osiris ❶. Collier de perles de pâte de verre, quartz laiteux, cornaline et pierres noires ❷. Amulette glaçurée du dieu Bès, le protecteur des femmes enceintes ❸. Table d'offrande gravée de textes méroïtiques ❹. Dague cérémonielle de l'époque de Kerma (2500-1500 avant J.-C.) ❺.

2

3

4



5

PHOTOS : VINCENT FRANCIGNY

●●● envahies d'immenses dunes de sable ocre. Ces pyramides sont les plus méridionales rencontrées en Afrique.
Surgissant soudain des profondeurs, les archéologues Elsa Yvanez, de l'Institut de papyrologie et d'égyptologie (université Lille-III), et Hélène Delattre, du Laboratoire Orient et Méditerranée (université Paris-Sorbonne), émergent d'un de ces bâtiments, un émouvant cercueil d'enfant dans les bras. Confectionné à partir d'un tronc de palmier évidé, le petit sarcophage dévoré par les termites ira rejoindre l'impressionnante collection de vestiges humains examinés par Agathe Chen, de l'université de Bordeaux. Aucune momie à l'intérieur. A la différence des Egyptiens, les Kouchites ne préparaient pas les corps. Des centaines d'os ont déjà été disposées sur des tables ou rangés dans de grandes boîtes métalliques par la jeune anthropologue dans le laboratoire de campagne installé dans la cour de la maison de fouille. Leur étude a révélé des traces d'anémie et de carences. Autant de témoignages d'un état sanitaire assez médiocre chez tous les habitants. « *Grâce à des découvertes réalisées sur le site de Missiminia, à une vingtaine de kilomètres au nord, nous avons aussi pu constater que nombre de corps conservés étaient entièrement tatoués* », ajoute Vincent Francigny.
De quoi alimenter les connaissances sur les habitudes funéraires. Dans la plupart des cas, en effet, les défunts sont étendus sur des lits. Ils peuvent aussi être inhumés dans des cercueils décorés d'une fine couche de stuc appliquée sur une toile peinte. Parfois, ils sont simplement enveloppés dans un linceul ou vêtus de pagnes de cuir ou de lin. Tout un mobilier funéraire est placé à leur proximité, comme des bols en bronze pour les libations ou des encensoirs pour consacrer les tombes. Des animaux sacrifiés ont également été retrouvés à l'avant de certaines fosses, souvent des chiens ou des chevaux dans le cas des grandes tombes royales.
Occupé dès le néolithique *(4500 ans avant J.-C.)*, époque où le Sahara verdoyant a commencé à se dessécher, le site de Sedeinga constitue une formidable source d'informations. Mais les tombes inviolées sont rares. Quelques merveilles ont cependant réussi à échapper aux pillards qui œuvrent depuis l'Antiquité. En particulier, de magnifiques verreries, dont l'un des plus célèbres vases bleu originaire d'Alexandrie *(voir photo p. 59)* ou des coupelles en verre mosaïqué, des poteries, des objets précieux, des scarabées en stéatite glaçurée, des statues-bâ, d'Hathor ou du dieu Bès, de la faïence égyptienne et, surtout, les précieuses stèles gravées de textes méroïtiques. Des trésors qu'avaient commencé à découvrir dans les années 1980 l'égyptologue Jean Leclant et ses collègues Catherine Berger-El Naggar et Audran Labrousse, jusqu'à ce que Claude Rilly reprenne la direction du site il y a trois ans. « *Nous pensons que Sedeinga, situé à 250 kilomètres de la frontière égyptienne, était un poste de douane qui a également joué un rôle défensif dans la protection du royaume. C'est du moins ce que semble indiquer quelques-unes des fonctions recensées sur des stèles comme les mesureurs de grains, sorte de contrôleurs fiscaux* », précise Vincent Francigny. Sedeinga se trouvait en effet sur la « route des quarante jours », une piste reliant l'Egypte à l'Afrique profonde, encore utilisée de nos jours. A l'heure du crépuscule, il n'est pas rare d'assister au passage, le long du site archéologique, de longues caravanes de dromadaires. Convoyés par des méharistes zaghawas, un peuple rencontré au Darfour et au Tchad, les animaux rapportés de ces lointaines régions sont acheminés jusqu'à la frontière avec l'Egypte où ils sont vendus pour alimenter en viande les étals du Caire. D'où l'impressionnante quantité d'ossements blanchis, retrouvés sur les pistes du désert. « *C'est par ces routes et via ces convois millénaires que les beaux objets découverts sur le site de Sedeinga circulaient dans l'Antiquité* », poursuit Corélie Gradel, archéologue de l'UMR 8164 du CNRS (université Lille-III).
Des richesses qui auront de tout temps attisé le pillage. Aujourd'hui, la recherche d'or est même devenue un sport national dans ces contrées épuisées par des années de guerre. Au détour d'une dune, il n'est pas rare de tomber nez à nez avec quelques individus, *galabiyeh* (djellaba) au vent, coiffés d'un casque et munis d'un détecteur de métal *made in China*. Ainsi, depuis quatre ans, on estime à plusieurs centaines de milliers – sur les 35 millions d'habitants que compte l'actuel Soudan – le nombre de personnes qui se sont mises à rechercher de l'or. Notamment dans le désert nubien et le long de la mer Rouge. Une collecte qui aurait fait exploser la production locale d'or métal précieux, la multipliant par 30 ! Mais à Sedeinga, au milieu des tombeaux, règne une tout autre quête. « *Dans cette immense nécropole où des milliers d'habitants ont été inhumés pendant des siècles, nous n'avons toujours pas découvert la ville d'où ils étaient issus !* » explique Claude Rilly. Une énigme de plus.

Bernadette Arnaud

(1) La Section française de la direction des antiquités du Soudan a été créée en 1969 par Jean Vercoutter.
(2) Pays de Kouch, terme apparu sous le règne du fondateur de la XIIe dynastie, le pharaon Sésostris 1er.

CHRONOLOGIE DES ROYAUMES KOUCHITES

Tête de statue-bâ (mission de Sedeinga)

4500 av. J.-C. Période pré-Kerma groupe C

2500 à 1500 av. J.-C. Royaume de Kerma

1500 à 1100 av. J.-C. Domination égyptienne de la Nubie

800 à 663 av. J.-C. Période des pharaons noirs

660 à 330 av. J.-C. Royaume de Napata

300 av. J.-C. à 450 ap. J.-C. Royaume de Méroé

25 av. J.-C. Règne de la candace Amanirénas

450 à 550 ap. J.-C. Période post-méroïtique nubienne ancienne, à laquelle succéderont des royaumes médiévaux.

Vers 2604 à 2531 av. J.-C. Kheops

Vers 1388 à 1350 av. J.-C. Aménophis III

664 à 610 av. J.-C. Psammétique 1er

330 av. J.-C. Alexandre le Grand

47 av. J.-C. Jules César en Egypte

30 av. J.-C. Mort de Cléopâtre

Tête de Néron

61 ap. J.-C. Néron

PHOTOS : MISSION DE SEDEINGA - CDL - KOEBER

Les Candaces, souveraines face à Rome

L'un des premiers du monde antique à faire émerger des femmes de pouvoir, le royaume de Méroé fut dirigé par des souveraines toutes-puissantes. Dont Amanirenas, qui osa défier l'Empire romain.

BERNADETTE ARNAUD

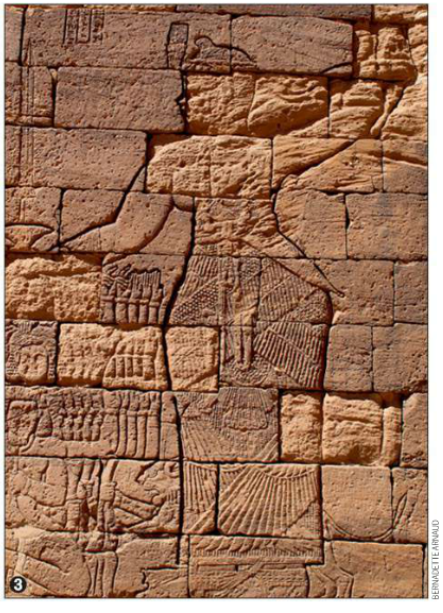
Sous le signe du dieu à tête de lion

Une des particularités des Méroïtes est d'avoir dès le début de leur royaume, vers 240 avant J.-C., consacré les sites de Moussawarat et Naga à un dieu indigène à tête de lion, Apédémak. Inconnu jusqu'alors, cette divinité de la fertilité et de la guerre est soudainement devenue le plus grand dieu du panthéon méroïte. Représenté avec une tête de fauve et un corps de serpent *(voir photo ci-contre)*, parfois coiffé de la double couronne, il est inconnu des Egyptiens. Son épouse, Amésémi, est dépeinte avec des scarifications sur le visage. Certains souverains seront incarnés dans ce lion dévorant ses ennemis pour rappeler leur puissance.
En Nubie se côtoieront ainsi deux panthéons. Celui inspiré de l'Egypte avec Amon, Horus, Isis ou Osiris, et un second, totalement local, dont les archéologues découvrent régulièrement de nouvelles divinités.

THE BRITISH MUSEUM, LOST KINGS GP

Le défi fait à Auguste

❶ Sur le mur du temple de Naga, apparaît Apédémak, le grand démiurge du panthéon indigène méroïte, suivi d'un cortège de divitités et de la famille royale.
❷ Le buste de bronze du premier empereur romain, Auguste, a sans doute été rapporté à Méroé comme butin de guerre.
❸ Sur le pylône du temple d'Apédémak, la Candace bâtisseuse de Naga tient ses ennemis dans sa main.



BERNADETTE ARNAUD

A 250 kilomètres au nord de Khartoum, dans un paysage parsemé d'acacias et sous un ciel qu'aucun nuage ne vient jamais troubler, se trouve l'une des représentations les plus énigmatiques du royaume de Méroé. Pour pouvoir l'admirer, il faut atteindre le site de Naga, l'un des plus beaux ensembles architecturaux du pays *(voir carte p. 57)*. Là, l'effigie d'une femme imposante orne le fronton du pylône du temple principal. Elle est représentée à la façon des pharaons égyptiens en train de massacrer ses ennemis en les empoignant par les cheveux. Elle tient tous les peuples de la Terre dans son poing refermé, où se débattent quantité de personnages qu'elle menace d'une épée. Certains portent des barbes, d'autres sont asiatiques ou encore africains. Qui est donc cette terreur ? On sait peu de chose d'elle – et de ses consœurs – mais ce que les archéologues sont en train de découvrir bouleverse peu à peu leur vision du monde antique. Méroé fut en effet l'un des seuls royaumes à avoir fait émerger des femmes de pouvoir. L'historien Diodore de Sicile (Ier siècle avant J.-C.) rapporte que les Grecs les appelaient les Kandakés, devenues les Candaces. La Bible les évoque aussi, notamment dans le Ve Livre du Nouveau Testament qui fait référence à la rencontre sur la route de Jérusalem du diacre Philippe avec un eunuque, surintendant du trésor d'une Candace du pays de « Kosh ». « *Nous disposons de très peu d'éléments sur l'origine de ces femmes. On peut penser que l'institution de la Candace est relativement ancienne, même si sa dénomination apparaît tardivement* », reconnaît Claude Rilly, chercheur au Llacan (Langage, langues et cultures d'Afrique noire)-CNRS. C'est en effet sous le règne d'Arkamani Ier, aux alentours de 300 avant J.-C., qu'on les voit réellement se manifester pour la première fois dans les sphères du pouvoir. Avant elles, on possède le nom de quelques autres femmes, notamment Nahirqa, qui aurait fait construire la plus grande pyramide du cimetière de Méroé nord, celle au double pylône, mais les informations sont très diffuses. « *Sous les pharaons noirs, la mère du roi semble déjà avoir une importance extraordinaire, mais elle ne porte pas encore le nom de Candace* », explique l'égyptologue Vincent Rondot (université Paris-Sorbonne), ex-directeur du SFADS, et actuel responsable des fouilles d'el-Hassa, un autre site majeur situé à 50 kilomètres de Méroé. Ainsi, à el-Kurru, on retrouve tous les signes de pouvoir masculin, emblèmes de la royauté, sur le portrait funéraire de la reine Qalhata, mère du dernier pharaon noir Tanotamani : boucliers, masses d'armes, arcs, ainsi que des pagnes masculins.
Toujours est-il que ce furent des reines puissantes, stratèges exerçant pleinement leur autorité à la tête des armées pour mener parfois des guerres sanglantes. La première de ces femmes à avoir bénéficié officiellement du titre de Candace est l'une des plus célèbres : elle se nomme Amanirenas et aurait régné vers 25 avant J.-C. Son nom figure sur une stèle conservée au British Museum de Londres. Elle n'hésita pas à accomplir ce que très peu d'hommes osèrent en leur temps : se dresser devant Rome, son redoutable voisin, première puissance mondiale de l'époque et dont la force militaire n'était plus à démontrer depuis que ses troupes avaient pris le contrôle de l'Egypte en 48 avant J.-C. L'Empire romain se montrait alors bien décidé à poursuivre sa conquête plus au sud, notamment pour « mater » la révolte de certains peuples frontaliers. Selon Strabon, l'armée de Caius Petronius, troisième préfet romain nouvellement nommé en Egypte, aurait ainsi tenté une percée jusqu'à Napata, l'ancienne capitale des pharaons noirs, qu'il aurait « *rasée entièrement* ». L'historien affirme que l'officier romain aurait agi dans le cadre d'une expédition punitive, après que le royaume de Méroé, dirigé par Amanirenas, eut tenté de récupérer Assouan que cette dernière considérait lui revenir de droit.
Les Candaces, comme tous les souverains qui se succédèrent à Méroé, se considéraient en effet comme les héritières ●●●

© SMB, BERLIN, DIST. RMN-GRAND PALAIS & JÜRGEN LIEPE

Le trésor d'Amanishakhéto

Bracelet ❶, collier ❷, boucle d'oreille ❸ et bague-sceau ❹ provenant de la pyramide de la Candace, dynamitée au XIXe siècle par Giuseppe Ferlini pour en piller les richesses et les revendre au musée de Berlin.

●●● légitimes de l'empire pharaonique. Caius Petronius et ses troupes auraient assiégé les Méroïtes à Qasr Ibrim où ils utilisèrent des boulets de pierre pour faire tomber les murailles. Selon Claude Rilly, on aurait ainsi retrouvé lors de fouilles une inscription excédée sur l'un d'entre eux : *« Est-ce assez pour toi, Candace ? »* ! Mais les choses n'ont peut-être pas tourné à l'avantage des Romains contrairement à ce que prétendent les chroniqueurs de l'époque… En effet, à en croire un traité de paix, signé sur l'île égéenne de Samos en 21 avant J.-C. entre les envoyés de la Candace et ceux de Rome, ce sont plutôt les armées d'Amanirenas « la Borgne » qui auraient défait les légions de Rome et non l'inverse ! *« Ce traité ne prévoit en effet ni tribut ni reddition de terre »*, note Claude Rilly. De plus, la forteresse de Qasr Ibrim fut aussitôt réoccupée par les Méroïtes et l'une des plus belles têtes de bronze de l'empereur romain Auguste, retrouvée dans les fouilles du site de Méroé, atteste qu'Amanirenas devait se trouver en position de force : seuls des vainqueurs pouvaient ainsi se permettre de ne pas restituer aux Romains un butin aussi précieux sans craindre de violentes représailles… C'est donc une femme qui figure parmi les – très rares – vainqueurs de Rome ! Quelques années plus tard, la nouvelle Candace Amanishakheto aurait réussi à maintenir des relations diplomatiques sur un pied d'égalité avec l'Egypte romaine. En atteste le soutien qu'elle apporte à l'une des premières grandes expéditions d'exploration de l'histoire. L'empereur Néron avait en effet confié à deux audacieux centurions la mission de rechercher les sources du Nil. Or, pour s'aventurer aussi loin, les soldats

Les légions de Rome auraient été défaites par la Candace « borgne »

romains ont forcément dû bénéficier de la protection de la Candace. Ils auraient réussi à atteindre les terribles marais du Sudd, une zone impénétrable formée par le Nil Blanc à la hauteur du Bhar el-Ghazal. Mais nul ne sait ce qu'il advint d'eux. Quant à Amanishakhéto, sa pyramide, située dans la nécropole nord de Méroé, a malheureusement été vandalisée au XIXe siècle par l'Italien Giuseppe Ferlini qui n'hésita pas à utiliser des explosifs pour en piller les trésors et les revendre au musée de Berlin. Les seuls vestiges qui subsistent d'elle sont une paire de chevilles gravées sur les parois du temple de Moussawarat.

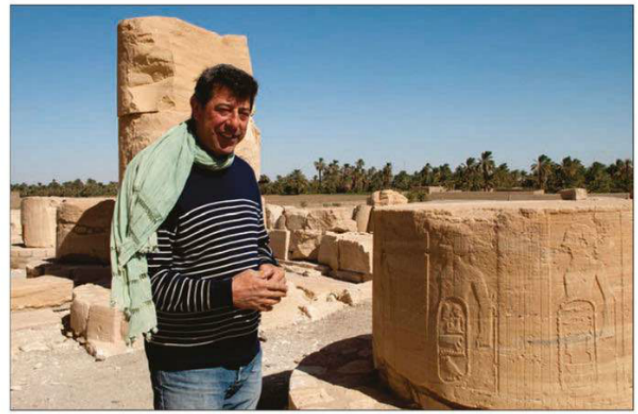
D'autres Candaces ont laissé leur nom à la postérité. Ainsi, la femme aux rondeurs offensives qui terrorise ses ennemis sur le fronton du temple de Naga est Amanitore. Epouse ou mère du souverain Natakamani – on ne le sait pas précisément –, c'était une reine bâtisseuse. On lui doit les plus beaux sanctuaires de Naga, en particulier celui de la divinité majeure du panthéon méroïte, Apédémak, le dieu à tête de lion *(lire l'encadré p. 61)*. A quelques kilomètres, ce sont les temples de Moussawarat es-Safra avec leurs éléphants de pierre. Quant à la disparition de ces reines, on en ignore les causes tant la fin du royaume de Méroé demeure ambiguë. Toutefois, une stèle romaine rédigée en latin – la plus méridionale jamais découverte en Afrique –, signale qu'au IVe siècle de notre ère, un envoyé de Rome était venu à Méroé rencontrer une souveraine. Cette stèle découverte à Moussawarat a bien failli être perdue à jamais. Elle a été retrouvée en 2003 dans les réserves du musée de Berlin par un érudit polonais, alors qu'on la pensait détruite lors des bombardements de 1945. Grâce à elle, on apprend qu'au moment où Méroé va s'effondrer, une Candace est toujours sur le trône ! **B. A.**

Claude Rilly Epigraphiste, paléographe, archéologue

« Le méroïtique n'a laissé aucune langue fille »

Le grand spécialiste de Méroé explique les difficultés de décryptage de cette langue disparue, dont seule une centaine de mots est aujourd'hui connue.

La langue de Méroé est l'une des dernières grandes énigmes de l'Antiquité. Elle demeure largement obscure au même titre que l'étrusque en Italie, ou le gaulois en France. Elle représente surtout le plus ancien témoignage d'écriture purement africaine. En effet, une des plus impressionnantes modifications opérées par les souverains kouchites, vers 250 avant J.-C., a été la création d'une écriture pour transcrire leur langue. Jusque-là, seule celle des pharaons égyptiens était utilisée. Or, les Méroïtes vont sélectionner chez leur puissant voisin des signes à la fois hiéroglyphiques et cursifs (démotique) pour élaborer une écriture tout en ajoutant des valeurs phonétiques différentes aux signes. Seuls de rares inscriptions ont été retrouvées sur les parois des temples ou encore des stèles après la disparition du royaume de Méroé vers le IVe siècle. Bien que le Britannique Francis LLewellyn Griffith ait réussi à décrypter ce système d'écriture dès 1911, la compréhension des textes et la signification des mots nous sont demeurées largement hermétiques tout au long du XXe siècle. Jusqu'à l'arrivée de Claude Rilly, qui tente patiemment d'en percer le secret.



BERNADETTE ARNAUD

Claude Rilly, directeur de la SFDAS, sur le site de Soleb, à quelques kilomètres de Sedeinga.

Pourquoi les Kouchites ont-ils souhaité se doter d'une écriture ?

Au départ, lorsque les rois de Kouch veulent écrire des prières dans les temples ou laisser des chroniques de leur règne, ils se tournent vers des scribes qui transcrivent leurs propos en égyptien. Puis ces rois vont vouloir posséder leur écriture propre. Cela prendra cinq cents ans, la moitié du temps nécessaire aux Français pour se détacher du latin, la langue officielle dans laquelle tous les documents étaient rédigés jusqu'à l'avènement de François 1er et la publication de l'édit de Villers-Cotteret.

Comment ont-ils procédé ?

En sélectionnant des signes dérivés du démotique égyptien – l'écriture du quotidien –, ils ont mis en place un système d'écriture cursive (1) syllabique, puis élaboré une écriture d'apparat issue des hiéroglyphes (2).

Pourquoi la compréhension de ces textes prend-elle autant de temps ?

Parce que longtemps, les spécialistes qui s'y intéressaient ont voulu à tout prix rattacher le méroïtique aux langues sublimées du désert que sont le berbère, l'égyptien ancien, le sumérien, l'hébreu, voire la famille du tokharien en Asie… Or, il fallait être prêt à accepter le méroïtique comme une langue africaine. Ce qui suppose d'en étudier de nombreuses autres pour pouvoir procéder à des comparaisons linguistiques.

Finalement, à quel groupe linguistique avez-vous pu rattacher cette langue ?

J'ai repéré les ressemblances les plus nombreuses au sein du groupe linguistique nilo-saharien. Dans la branche « soudanique oriental nord » (SON) qui comprend quatre ensembles de langues et dialectes : le nubien, le nara, le taman et le nyima. Tous situés dans une région du Sahel qui s'étend du Tchad à l'Erythrée. De quoi reconstruire le proto-nubien dans un premier temps, et le proto-SON, en amont, dont découle le méroïtique.

Comment avez-vous procédé ?

Je me suis aperçu que la langue qui partageait le plus de ressemblances avec le méroïtique était le vieux nubien. Une langue liturgique de l'Eglise copte du Soudan utilisée entre le Xe et le XVe siècle, dont on connaît 700 mots et dont l'écriture avait été inventée pour transcrire des textes chrétiens dans la langue locale. Le maintien de signes méroïtiques dans cette nouvelle écriture montrait qu'à l'arrivée du christianisme (VIe siècle), des restes de tradition méroïtique étaient toujours conservés dans la région. ●●●

Le syllabaire méroïtique

HIÉROGLYPHIQUE	CURSIVE	TRANSLITTÉRATION	VALEUR
		a	/a/ ou /u/ initiaux
		b	/ba/
		d	/da/
		e	/e/, /Œ/, voy. absente
		,	/Ăa/
		f	/Ăwa/
		i	modificateur /i/
		k	/ka/
		l	/la/
		m	/ma/
		n	/na/
		ne	/ne/, /nŒ/ ou /n/
		o	modificateur /u/
		p	/pa/ (?) ou /ba/
		q	/kwa/
		r	/ra/
		s	/sa/
		se	/se/, /sŒ/ ou /s/
		t	/ta/
		te	/te/, /tŒ/ ou /t/
		to	/tu/
		w	/wa/
		y	/ya/
:	:	:	séparateur

●●● Qu'est-ce qui vous freine actuellement dans ce décryptage ?
Le fait d'être quasiment seul à y travailler ! D'être aussi confronté à une course de vitesse face à la disparition des locuteurs de ces langues, sans parler des conflits qui se déroulent dans ces régions. Il ne reste plus qu'un chercheur en France pour étudier les langues des monts Nouba, alors que cette région plus petite que la Suisse possède une diversité linguistique équivalente à la totalité des langues parlées en Afrique ! Le nubien du Darfour, dont on ne connaît que 200 mots, ne serait plus utilisé que par un ultime vieillard. Or, il s'agit d'une des formes qui a conservé les termes familiaux les plus proches du méroïtique. En ce qui concerne les langues du groupe tama, elles sont également parlées dans le Darfour, à la frontière du Tchad, mais dans des endroits actuellement inaccessibles. Pour le nara parlé en Erythrée, je n'ai pu m'y rendre qu'une seule fois. Quant au groupe nyima, sur lequel j'ai pu travailler, il est aussi parlé dans les monts Nouba mais la situation politique dans le sud du Kordofan n'est pas du tout favorable… Voilà quelques-unes des raisons objectives qui font que la progression du décryptage du méroïtique bloque.

Malgré ces difficultés, combien de mots ont-ils pu être décryptés ?
Tout cela est très modulable. Pour les mots dont nous sommes absolument certains de la traduction, nous arrivons à plus d'une centaine. Ce qui est énorme si l'on considère le désert à partir duquel il a fallu démarrer. Il faut un stock d'environ 2000 mots pour comprendre une langue.

Que faut-il pour progresser dans la compréhension d'une langue disparue ?
Trouver du vocabulaire de base ! Pour comparer des langues, il faut des mots liés à des éléments aussi simples que les parties du corps (main, pied, tête), ou encore associés à la parenté (fils, père, mère). Etre en mesure d'identifier les animaux les plus communs et les verbes essentiels. Surtout, il faut pouvoir se servir des données de l'archéologie autant que de ses connaissances lexicales et grammaticales. Reconstruire une langue, c'est reconstruire un monde.

Il vous faudrait trouver l'équivalent d'une pierre de Rosette…
Mais ce n'est pas la pierre de Rosette qui a permis à Champollion de traduire la langue égyptienne ! C'est sa connaissance extraordinaire du copte, une langue alors bien connue pour laquelle on disposait de dictionnaires. Elle était encore utilisée dans la liturgie et descendait directement de la langue des pharaons. La pierre de Rosette a simplement été une clé pour entrer dans la maison. Ce n'est pas ce qui l'a bâtie. Contrairement à Champollion, nous ne disposons pas de l'équivalent du copte pour le méroïtique mais de langues apparentées assez éloignées. Le méroïtique n'a laissé aucune langue fille. C'est bien là tout le problème !

A l'âge de 10 ans, vous aviez déjà appris les hiéroglyphes tout seul et vous parlez plus de 12 langues. Comment votre passion pour le méroïtique vous est-elle venue ?
J'ai inquiété très tôt mes parents et professeurs ! A 6 ans je voulais être écrivain, à 7, explorateur, à 10, égyptologue… Plus tard, au cours de mes lectures, je suis tombé sur l'énigme du méroïtique. Hasard de la vie, à ce moment-là j'avais commencé à m'intéresser aux langues africaines et appris le lingala avec des amis zaïrois. Tout cela m'est apparu soudain d'une grande évidence. J'allais pouvoir enfin regrouper toutes mes passions d'un coup : le méroïtique d'une part, mais aussi l'Afrique et ses habitants, dont je me suis toujours senti très proche.

Sait-on comment le royaume de Méroé et sa langue ont disparu ?
C'est une fin encore bien mystérieuse. Vers 350 de notre ère, la dessiccation du Sahara

> « Reconstruire une langue, c'est reconstruire un monde »

est à son maximum. Un groupe ethnique originaire de l'ouest du Nil que les Grecs appellent Noubai (« esclave » en méroïtique) exerce une forte pression pour accéder au fleuve afin de pouvoir nourrir son bétail. Ces tribus honnies vont pourtant avoir raison des Méroïtes et contribuer à leur chute. Ces invasions nubiennes ont fini en effet par transpercer le bouclier de défense méroïte. Poussant leur avantage, les Nubiens vont atteindre les marges d'Axoum, dans l'actuelle Ethiopie (l'antique Abyssinie). Or, nous savons que le premier roi chrétien de cette ville, Ezana, avait envoyé une expédition à leur approche afin de les contrer. Sur leur trajet, ses armées ont pénétré sans difficulté sur le territoire des Kassous, l'ancien pays de Kouch. A ce moment-là, le royaume de Méroé ne semble donc plus détenir la moindre autorité.
Mais cette période est encore très mal connue. Différents groupes semblent néanmoins s'être succédé entre la chute du royaume de Méroé et l'avènement du christianisme en 545. Une chose est certaine. Quand les premiers missionnaires envoyés par Byzance arrivent en Nubie, ils y trouvent trois nouveaux royaumes : au nord, Nobadia (capitale : Faras), au sud, Makouria (capitale : Dongola) et dans la région de l'actuelle Khartoum, Alodia (capitale : Soba). Le royaume de Méroé a cessé d'exister et avec lui son écriture utilisée pendant six cents ans.

Propos recueillis par Bernadette Arnaud

(1) Hiéroglyphes : (du grec *hieros* : sacré, *gluphein*, graver). En Egypte, l'écriture des pharaons servait à transcrire les textes sacrés. Inventée vers 3500 avant J.-C., cette écriture pictographique a été utilisée pendant près de 4000 ans. La dernière inscription connue date de 394 de notre ère.
(2) Ecriture cursive : plus facile à écrire, l'écriture cursive est celle du quotidien. Variante de la précédente, on la retrouvera sur les papyrus. L'ultime état de cette écriture et de sa langue sera le copte.

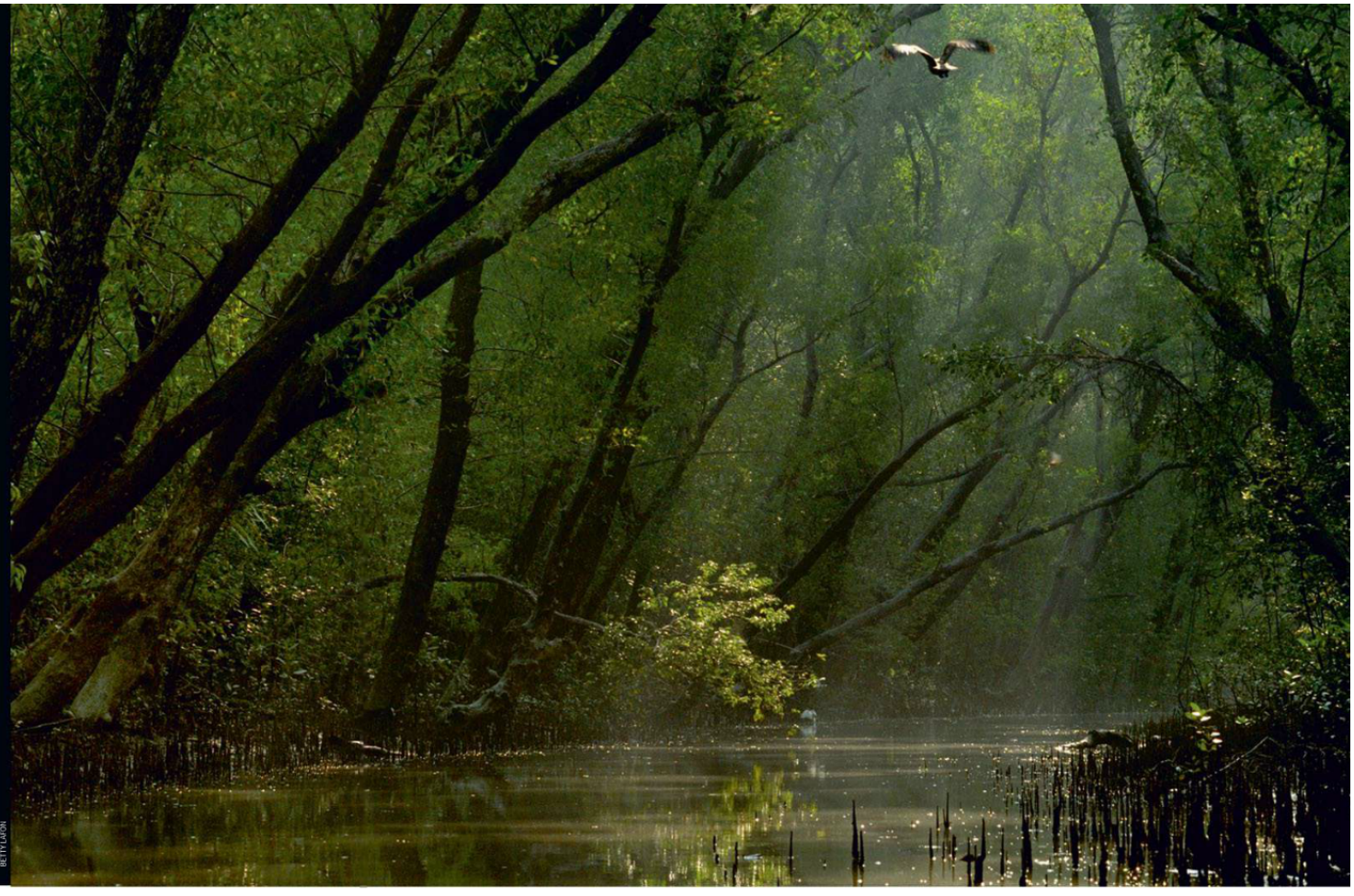
Pour en savoir plus

Le Méroïtique et sa famille linguistique, Claude Rilly, éditions Peeters, 2009.

Les Béliers d'el Hassa, film de Philippe Bourdon, www.elhassa-lefilm.com

Situés à l'embouchure de trois fleuves, le Gange, le Brahmapoutre et le Meghna, dans le plus grand bassin sédimentaire du monde, les Sundarbans représentent 4,3% des mangroves du monde. Très dense, cette forêt possède de hautes canopées et une biomasse importante. Dans les méandres de cette zone humide, se cachent de nombreuses espèces rares. Le vautour à croupe blanche, le requin du Gange font partie comme le tigre des espèces classées en danger critique d'extinction.

BETTY LAFON



Sundarbans, un équilibre en péril

Pollution, surexploitation, salinité…, face aux menaces qui pèsent sur la plus grande mangrove du monde, le Bangladesh vient de lancer un plan pour protéger ce sanctuaire naturel, vital pour quatre millions d'habitants. Reportage.

Une forêt flottante s'élève au-dessus de la rivière. Seules les racines s'arc-boutent hors de l'eau, formant un enchevêtrement d'arbre en arbre sur plus de 10 000 km². La mangrove des Sundarbans, qui s'étend entre le Bangladesh et l'Inde, est la plus grande du monde, d'une superficie presque équivalente à celle de l'Ile-de-France. Quatre millions de Bengalis vivent directement de ce milieu, y trouvant du bois pour le chauffage et la construction, du miel et des ressources halieutiques. Un écosystème très fragile. Entre 1980 et 2005, 19 % de la surface mondiale des mangroves ont disparu, selon l'Organisation des Nations unies pour la nourriture et l'agriculture (FAO). En cause, l'utilisation trop intensive de la forêt, la pollution des eaux venues des zones urbaines et le réchauffement climatique. La réserve nationale des Sundarbans, créée en 1879 et classée parmi les sites Ramsar (convention sur les zones humides d'importance internationale), a ainsi perdu environ 170 km² entre 1973 et 2010. Mais les Sundarbans connaissent une gestion particulière, qui s'améliore avec le temps. Le département des Forêts bangladais a permis de réduire le braconnage, et a surveillé le défrichement, bien réduit. Pour mieux protéger les ressources naturelles, tout en tenant compte des intérêts des habitants locaux, le gouvernement de Dacca a donc décidé la mise en place, début 2011, du Sundarbans Environmental and Livelihoods Security Project (Seals), doté de 10 millions d'euros, dont 4 millions émanent de la Commission européenne. Avec pour objectif de réduire les utilisations illégales de la forêt et d'organiser des activités différentes afin de diminuer la dépendance des populations les plus pauvres à la forêt. De nouvelles infrastructures devraient aussi voir le jour et permettre aux gardes de mieux contrôler les allers et venues dans la réserve.

Pour l'instant, personne ne peut pénétrer dans la mangrove sans un permis, qui doit être renouvelé chaque année pour la pêche. Les touristes, eux, n'ont pas l'autorisation d'y séjourner au-delà de quinze jours, et doivent être toujours encadrés par deux gardes. Abdulhamid, 49 ans, est l'un d'eux. Fusil à l'épaule, il accompagne les visiteurs depuis dix-sept ans, de la frontière nord de la réserve jusqu'au golfe du Bengale. Son bateau à moteur avance à vive allure sur la rivière Pasur, large d'un kilomètre et qui longe la mangrove dès la sortie du port de Mongla, avant-poste de la réserve. Un arbre domine ●●●

Plusieurs mois par an, les Bengalis viennent vivre dans la mangrove. Pendant la saison de pêche, seuls les hommes s'installent dans des villages comme celui de Dubla (ci-dessous). Certains partent pêcher en mer ou étalent le poisson au soleil sur d'immenses nattes, d'autres parcourent les bras de rivières et, à l'aide de casiers de bois, attrapent des crabes (à droite). Pour circuler dans la mangrove et protéger les villages des eaux, les hommes ont construit des digues, régulièrement mises à mal par les marées et les cyclones. Chaque année, les habitants en restaurent une partie, avec l'aide de l'Etat (à gauche en haut). Ils récupèrent la terre accumulée par la mangrove grâce, entre autres, aux racines ponts des arbres comme le palétuvier rouge, *Rhizophora mucronata* (ci-contre, à gauche).

●●● le feuillage dense qui défile à perte de vue : *Heritiera fomes*, localement appelée *sundari*, qui aurait donné son nom au lieu. Cette espèce caractérise la frange terrestre de la mangrove car la végétation se répartit strictement en fonction du niveau et de la salinité de l'eau. *« Plus on s'éloigne de la terre, plus la concentration en sel augmente »*, explique ainsi Olivier Gros, chercheur en biologie de la mangrove à l'université des Antilles et de la Guyane. *Heritiera fomes* pousse sur des sols dont le taux varie entre 0,5 et 5 grammes de sel pour 1000 g d'eau, un milieu dit oligohalin. Au fur et à mesure que le bateau descend la rivière, de nouvelles espèces apparaissent. Le palétuvier aveuglant, *Excoecaria agallocha*, supporte des taux de 5 à 10 g, dans la zone mézohaline. Puis vient le palétuvier jaune, *Ceriops decandra*, qui peut vivre avec une salinité de 35 g, caractéristique de la zone ultrahaline. Pour survivre, les espèces ont dû mettre au point une stratégie. Le palétuvier pomme, *Sonneratia apetala*, possède ainsi des racines très épaisses dont les tissus sont hypertrophiés pour filtrer davantage le sel lors de l'absorption des nutriments. Si ce dernier réussit tout de même à passer, il part dans les feuilles dites décidues, qui tomberont à leur mort. Le palétuvier blanc, *Avicennia alba*, possède, lui, un feuillage persistant, qui se couvre de cristaux : c'est l'œuvre de glandes disposées sur la surface foliaire, qui rejettent le sel absorbé.

Pour survivre, les espèces ont dû mettre au point une stratégie

Mais les scientifiques s'inquiètent de la hausse constante de la salinité. Ainsi, selon une étude du département de botanique de l'université de Dacca, parue en 2011, *Ceriops decandra*, très bien adaptée au sel, ne cesse d'empiéter sur le territoire de *Heritiera fomes* qui a diminué de 28 % entre 1989 et 2010. Cette transformation des communautés végétales serait due à l'augmentation du niveau de la mer, de 12 à 20 centimètres au cours du XX[e] siècle, causée par le réchauffement climatique, qui accroît la salinité des milieux. Le phénomène est amplifié par la diminution d'eau douce provenant des rivières, en raison des nombreux barrages situés au nord des Sundarbans. Un projet de construction d'une centrale électrique à charbon, prévue à environ quatre kilomètres au nord de la réserve, près de la rivière Pasur, fait ainsi l'objet d'une virulente polémique. D'une capacité de 1320 mégawatts, financée en partie par des fonds indiens sous l'égide de la National Thermal Power Corporation (NTPC), elle a pour objectif de répondre aux besoins d'électricité du Bangladesh dont la moitié seulement des habitants est reliée au réseau. Une décision économique qui heurte les engagements environnementaux du gouvernement car, en s'approvisionnant directement dans la rivière Pasur, la centrale contribuera à aggraver le déséquilibre en eau douce de la mangrove.

Abdulhamid engage son embarcation sur un bras de rivière plus étroit. Quelques plages apparaissent, un sol boueux, sur lequel se dressent des centaines de racines, les pneumatophores. Celles-ci sont chargées d'absorber l'oxygène *via* des pores situés dans les tissus protecteurs, les lenticelles. Un groupe de daims tachetés avance sur ce tapis pointu de 30 centimètres. Au-dessus de leurs têtes, dans les branches des palétuviers pomme, quelques macaques rhésus attrapent des fruits avant de s'enfuir en criant. Le vacarme fait s'envoler un héron. L'étrange architecture végétale sert de barrière écologique, bloquant la matière organique apportée par les marées journalières. *« Les racines des palétuviers accumulent les sédiments »*, détaille Olivier Gros. Ce phénomène de sédimentation permet à la mangrove de s'étendre de plus en plus sur la mer. Entre ●●●

Les Sundarbans offrent une biodiversité étonnante. Les étranges formations collées au tronc du *sundri (Heriteria fomes)* (à gauche) sont en fait des racines aériennes. Leur grande surface lui permet d'absorber de l'oxygène comme les pneumatophores qui recouvrent le sol. Le varan du Bengale, *Varanus bengalensis* (ci-dessus), considéré comme vulnérable à l'échelle du pays, vit dans toute l'Asie du Sud. Les gardes de la réserve savent repérer les traces des tigres de la région (ci-contre), l'une des plus importantes populations au monde. Les « Tiger Team » parcourent les villages pour enseigner aux gens les erreurs à éviter face aux tigres qui sont protégés.

●●● 1989 et 2010, le rythme d'accrétion des Sundarbans s'est ainsi élevé à environ 4 km² par an selon une étude de l'université de l'Indiana, aux Etats-Unis. Insuffisant, hélas, pour lutter contre l'érosion, due à la diminution des sédiments, qui, elle, fait reculer la mangrove de 7 à 10 km² par an. A marée montante, les vagues viennent se briser sur le fouillis de racines. En contact direct avec l'océan, la mangrove essuie aussi les cyclones qui balaient régulièrement la région. Elle joue alors le rôle de zone tampon. « *La mangrove est une barrière naturelle* », atteste Thao Tran, spécialiste des mangroves asiatiques au Laboratoire société environnement territoire de Pau. « *Le réseau dense de racines casse les vagues et permet de lutter contre la montée des eaux* », précise Olivier Gros. Lors du dernier cyclone en date, Aila (2009), environ 500 000 personnes ont perdu leur habitation. En 2007, Sidr avait fait 3500 morts et touché 5 à 25 % de la mangrove. Pourtant, dans la forêt, peu de traces du cataclysme. « *Cette forêt se régénère vite, c'est un milieu très productif* », explique Thao Tran. Le Seals prévoit de reconstruire des abris anti-cyclones pour la population, où elle pourrait se réfugier en cas de nouvelle alerte.

Les rayons du soleil couchant allument un incendie orangé sur la rivière. Au loin, un rugissement se fait entendre. Cette forêt est le territoire du tigre, rarement visible mais redouté. Protégés, les grands félins, entre 200 et 450 recensés, causent 20 à 30 morts par an selon les chiffres officiels, qui n'incluent pas les pêcheurs non déclarés ainsi que les pirates. Près de l'eau, un varan fainéante sur un tronc brisé. Les derniers inventaires d'une équipe du Program Development Office et des services du Ramsar recensent ainsi 334 espèces de plantes, 315 d'oiseaux, 120 de poissons, 42 de mammifères, 35 de reptiles et huit d'amphibiens. C'est cette biodiversité particulière qui a permis à une partie des Sundarbans d'être classée patrimoine mondial par l'Unesco en 1997.

De l'autre côté de la rivière Pasur, en dehors des zones classées, des pêcheurs s'affairent. « *La mangrove est une véritable nurserie*, sourit Olivier Gros. *Certains poissons sédentaires y réalisent leur cycle, d'autres ne viennent que pour se reproduire.* » Pendant cinq mois, les habitants s'organisent dans des villages temporaires comme Dubla, fait de cahutes en bois, feuilles de palme et toits de chaume, où vivent 15 000 hommes pendant la saison de pêche. Entre les maisons, crevettes et poissons sèchent par centaines sur d'immenses étendues de nattes de palmier et du poisson pend sur des poteaux à plus de deux mètres de haut. Des bateaux chargés débarquent sous une nuée de cris et d'ordres lancés à la volée. Au large, croisent d'énormes cargos, remplis de denrées de base, pétrole, sable, etc., en route vers le port de Mongla à 3 kilomètres au nord de la réserve. La pollution de l'eau, qui y a été observée en 2009 par une équipe de l'université de Khulna, atteint aussi la végétation de la mangrove et s'ajoute à la modification de la salinité. Mais l'étendue réelle est encore peu connue.

Le poisson récolté à Dubla pendant la saison suit la même voie pour être vendu et exporté. Ces dernières années cependant, la réglementation des permis de pêche s'est durcie. La conservation de cet espace naturel importe aux populations qui y vivent et en sont fiers. Le soleil couchant irise les quais de Mongla. De l'eau sale, jaillit un dauphin de l'Irrawadi. Pour l'instant, la mangrove conserve encore son subtil équilibre.

Claire Lecœuvre
(avec Jennifer Roux)
Photos : Xavier Desmier
pour « Sciences et Avenir »

A VOIR

Xavier Desmier est le lauréat 2011 de la bourse Photo par Nature organisée par le MNHN et Geographic Channel. « La vie dans les Sundarbans, la plus grande mangrove du Monde », sera exposé du 22 juin au 12 septembre au Jardin des Plantes, à Paris, avec le soutien de *Sciences et Avenir*.

Quand les dents repousseront

Créer des dents biologiques grâce à des cellules souches, c'est le pari de la médecine régénérative. Plusieurs équipes de chercheurs dans le monde y sont déjà parvenues sur la souris. Des essais vont bientôt démarrer chez l'homme.

En finir avec les interminables séances sur le fauteuil, ne plus sursauter au petit bruit crispant de la fraise, mettre définitivement au rebut couronnes, implants et autres prothèses dentaires… Chacun a, au moins un jour, fait ce rêve apaisant de dents qui, luxe ultime, s'autoréparaient. Or, ce rêve, la création des dents biologiques, est en train de devenir une réalité. Certes, les patients ne sont encore le plus souvent… que des souris. Mais les chercheurs en odontologie, ces spécialistes de la médecine dentaire, sont confiants et savent qu'ils démarreront bientôt leurs essais chez l'homme. Car nos dents vont, elles aussi, bénéficier des applications de cette puissante lame de fond qu'est la médecine régénérative. Demain, c'est une certitude, les dentistes régénéreront nos dents plutôt que de les réparer.

Ce n'est évidemment pas la première fois qu'une nouvelle technologie révolutionne cette spécialité. *« Quand les implants dentaires sont arrivés dans les années 1990, honnêtement, personne n'y croyait*, se souvient ainsi le Dr Stéphane Simon, chercheur dans le laboratoire d'Ariane Berdal Inserm UMRS 872 et président d'un groupe de travail sur la régénération dentaire au sein de la prestigieuse International Association for Dental Research (IADR). *Depuis, ces implants se sont démocratisés. Aujourd'hui, tout le monde en pose !* » Or, un implant n'est finalement qu'une vis, le plus souvent en titane, fixée dans de l'os avec lequel elle fait bon ménage en raison de facteurs de biocompatibilité.

Une technique qui se révèle en fait incomplète. *« Si cette nouvelle architecture artificielle rétablit la fonction masticatoire, elle ne restaure en rien la fonction biologique*, poursuit le spécialiste. *Car un implant ne compense pas l'absence de pulpe dentaire, cette zone qui confère à la dent sa vitalité, ni celle du ligament alvéolodentaire, un élément essentiel qui assure un rôle d'amortisseur des forces masticatoires. Régénérer des dents serait donc nettement plus physiologique ! Grâce au développement de l'ingénierie tissulaire et des biotechnologies, nous savons aujourd'hui que d'ici à quelques années à peine, cela sera possible.* » Un optimisme partagé, mais nuancé par le Pr Henry Magloire, président de l'Institut français pour la recherche en odontologie (Ifro), enseignant à la faculté d'odontologie de Lyon et chercheur à l'Institut de génomique de Lyon : *« Recréer une "biodent" est un véritable challenge pour les chercheurs. Quelques rares équipes dans le monde y sont déjà parvenues chez l'animal. Pour l'homme, ce sera évidemment plus difficile car la dent est un organe complexe dont on n'arrive pas encore à contrôler ni la forme ni la taille, encore moins la couleur ou la direction dans laquelle la "néodent" va se former. »*

> Les dentistes régénéreront au lieu de réparer

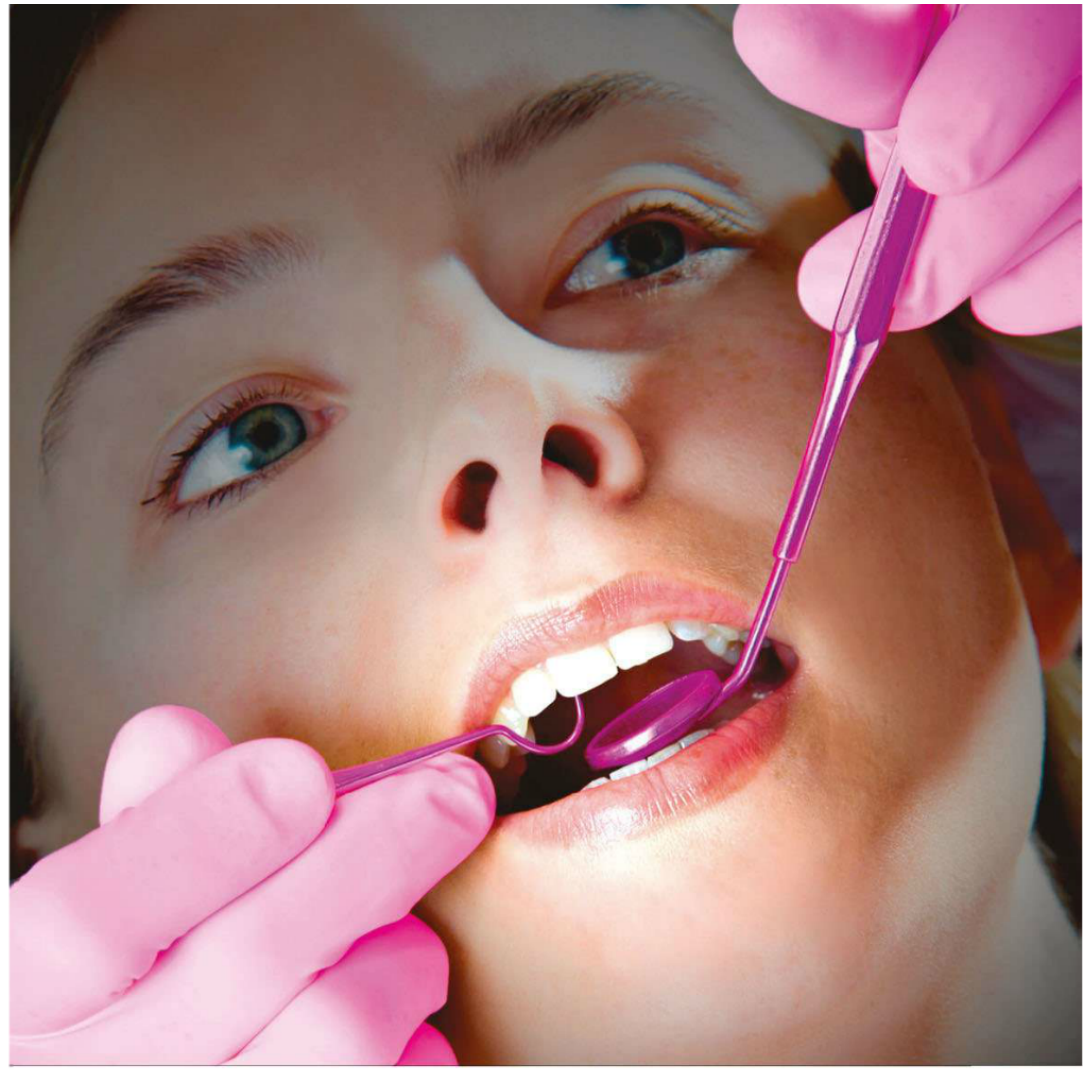
C'est à Strasbourg, dans l'unité Inserm UMR 977, que l'équipe d'Hervé Lesot a réussi à générer *in vitro* une dent à partir de cellules embryonnaires de souris. Au Japon, d'autres chercheurs sont allés plus loin. *« L'équipe du Pr Etsuko Ikeda, de l'université des sciences de Tokyo, a elle aussi créé un germe dentaire, mais elle l'a ensuite réimplanté dans une mâchoire de rongeur »*, détaille le Dr Simon. Trente-cinq jours après, une dent entière avait poussé! Son analyse histologique a prouvé que tous les tissus dentaires – dentine mais aussi émail, cément et pulpe – étaient bien présents dans cette nouvelle architecture. Cette dent s'est même révélée parfaitement intégrée à son milieu, sensible au chaud, au froid, à la douleur et de plus entièrement fonctionnelle. Depuis, toujours à Tokyo, en 2011, une autre équipe a trouvé une astuce pour gagner dix jours sur le temps de formation de la nouvelle dent. Les chercheurs ont fait se multiplier les cellules embryonnaires, les ont déposées sur un support en plastique, servant en quelque sorte de moule, qu'ils ont implanté au niveau du rein d'une souris. Cette zone, très bien vascularisée, a permis une croissance accélérée. Une fois développée, la dent a été incluse dans une mâchoire de souris. Et là encore, la fonctionnalité était au rendez-vous. Une stratégie qui augure, pour l'avenir, de la création de néodents pour réparer celles manquantes…

Retour en France, à Paris, où un travail, non pas de création mais de régénération pionnier, a été réalisé en 2011 à la faculté d'odontologie de l'université Paris-Descartes. Les équipes des Prs Anne Poliard (EA2496) et Michel Godlberg (UMR 747) ont, grâce à l'implantation de cellules souches pulpaires, réussi à produire de la dentine, un tissu minéralisé de la dent sécrété par des cellules, les odontoblastes. *« Il s'agit là d'une approche très novatrice qui trouvera ses applications futures notamment dans le traitement des caries »*, salue le Pr Magloire. Un véritable espoir pour venir à bout d'un fléau qui représente la principale cause d'extraction dentaire (60 %) avant les maladies dites du parodonte (40 %). Rappel : la carie commence par une déminéralisation de l'émail puis une attaque de la dentine, dont les responsables sont bien connus : le tartre et la plaque dentaire. Le mécanisme est simple : les microcanaux de la dent, les tubuli dentinaires, sont colonisés par des ●●●

REPÈRES

CELLULES SOUCHES EMBRYONNAIRES
(ou cellules ES). Issues d'un embryon, elles sont qualifiées de pluripotentes, c'est-à-dire non seulement capables de se répliquer indéfiniment mais aussi de donner n'importe quel type cellulaire (cœur, os, muscle, etc.).

CELLULES SOUCHES PULPAIRES
Cellules souches adultes contenues dans les dents de lait et les dents adultes, au même titre que celles présentes dans de nombreux tissus comme la moelle osseuse, le cordon ombilical, etc. Elles sont dites multipotentes, capables de s'autorenouveler comme les ES, mais déjà programmées dans une différenciation tissulaire précise.



MEDIATHEMEDICAL

Les « biodents » seront plus physiologiques que les implants dentaires constitués d'une racine artificielle (vis) fixée dans la mâchoire.

●●● bactéries, ce qui provoque, outre la destruction de la dentine, une réaction inflammatoire plus ou moins sévère de la pulpe. Aujourd'hui, en cas d'inflammation pulpaire, le traitement est bien codifié : le dentiste retire la totalité du tissu pulpaire avant de le remplacer par un matériau neutre, dont l'innocuité est d'ailleurs sujette à caution *(lire l'encadré ci-dessous)*. *« Or, cette approche est dépassée. C'est un peu comme si face à un panaris, on vous coupait le doigt !* commente le Pr Magloire. *De plus, on sait qu'une dent dévitalisée va se fragiliser, ce qui signifie une reprise de carie potentielle dix ans plus tard. Je suis certain qu'à terme, il sera possible de combler la zone malade avec un tissu vivant qui réparera de l'intérieur. »* C'est précisément ce que viennent de réaliser les équipes parisiennes. Une opération en plusieurs temps.

« Nous avons d'abord établi des lignées cellulaires à partir de la pulpe des molaires d'embryons de souris en privilégiant celles de type A4 qui présentaient un potentiel de différenciation important pour former de la dentine », détaille Yassine Harichane, l'un des chercheurs ayant consacré une partie de sa thèse à ce sujet. Puis, munis d'une microfraise, les chercheurs ont ensuite creusé un minuscule trou dans la molaire de rongeurs de façon à provoquer une lésion pulpaire et l'ont comblé avec ou sans les fameuses cellules A4. *« Trois semaines après environ, il y avait une néoformation de dentine dans le groupe traité »*, précise le chercheur. *« Le choix de la stratégie réparatrice dépendra en fait du degré d'atteinte de la lésion initiale*, détaille le Pr Poliard. *Si l'atteinte est modérée, et s'il subsiste de la pulpe saine, on pourra se contenter de stimuler les cellules souches vivantes résiduelles par des facteurs de croissance. En revanche, si la lésion est très importante, quand la pulpe est totalement détruite, par exemple sur une dent cassée, il faudra utiliser un substitut de pulpe, c'est-à-dire un biomatériau dans lequel on aura inoculé des cellules souches qui reformeront du tissu. »* Plusieurs équipes dans le monde y travaillent, comme celle du Pr Catherine Chaussain (EA 2496), toujours à l'université Paris-Descartes.

Une autre approche de nanomédecine régénérative, baptisée NanoRegMed, est, elle, actuellement suivie par une équipe Inserm à l'université de Strasbourg. *« Nous avons développé une stratégie innovante avec des supports dotés de nanoréservoirs actifs*, explique la coordonnatrice du projet, le Dr Nadia Benkirane-Jessel, directrice de recherche Inserm à l'UMR 977. *Nous travaillons plus particulièrement sur un peptide de contrôle de l'inflammation pulpaire que nous avons incorporé à une matrice qui a la consistance d'un gel ».* Un gel qui permettrait non pas la prévention des caries – le brossage régulier demeure incontournable – mais leur traitement. Comment ? En évitant de recourir à la dévitalisation de la dent et en régénérant la pulpe à partir du gel. Une start-up a même été créée, ARTiOSnanomed. Une phase de tests chez l'animal ayant obtenu des résultats encourageants, des essais sont maintenant prévus chez l'homme et la start-up a entamé des négociations avec un poids lourd du secteur, la firme américaine Colgate-Palmolive.

Mais l'équipe voit déjà plus loin. Car de la dent à l'os, il n'y a qu'un pas. Aussi, à Strasbourg, orthopédistes et rhumatologues travaillent-ils en collaboration avec les dentistes et les biologistes. Objectif : développer des implants hybrides « intelligents » à base de nanoréservoirs de principes actifs et de cellules osseuses et cartilagineuses issues de cellules souches pour, un jour, être en mesure de proposer des greffes d'os et de cartilage aux patients victimes de pathologies ostéoarticulaires, comme l'arthrose. D'ailleurs, créer aussi de l'os, des muscles, des nerfs…, c'est le rêve de tous ceux qui ont foi dans les promesses des cellules souches *(lire* Sciences et Avenir *n° 722, avril 2007)*.

Une autre idée fait son chemin : congeler et stocker des cellules souches pulpaires obtenues à partir des dents de lait et des dents de sagesse, comme on le fait déjà avec les cellules issues du sang de cordon ombilical *(lire* S. et A. *n° 739, septembre 2008)*. La première biobanque dentaire est née au Texas (Etats-Unis) avec la société BioEden. Depuis, d'autres ont suivi, comme la société Stemsave qui, dans le Colorado, rétribue même les dentistes (90 dollars) qui acceptent de récupérer les dents de leurs patients… Le concept a également fait récemment son apparition au Royaume-Uni et en Suisse avec Future Health Biobank, autorisant le stockage privé et payant. La voie semblait donc toute tracée pour que la France se dote à son tour d'une telle structure. En juin 2011, l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) avait même donné son feu vert à l'institut Clinident Bio-Pharma qui proposait le stockage d'une dent pendant vingt ans pour environ 120 € par an. Avant de revenir sur sa décision à l'automne, estimant que les travaux étaient trop préliminaires et contraires au principe de non-patrimonialité du corps humain reposant sur l'anonymat et la gratuité. Une exception française qui a enclenché une bataille judiciaire, toujours en cours.

Pour le Dr Magloire, le prochain domaine qui émergera sera sans doute celui des douleurs dentaires. *« Nous avons démontré que les odontoblastes, les cellules qui sécrètent la dentine, sont aussi des cellules sensorielles par lesquelles transitent les signaux douloureux. L'idéal serait maintenant d'identifier des molécules qui bloqueront ces signaux afin d'éviter les anesthésies locales et leurs complications. »* Ne plus jamais avoir mal aux dents… Encore un autre rêve.

Sylvie Riou-Milliot

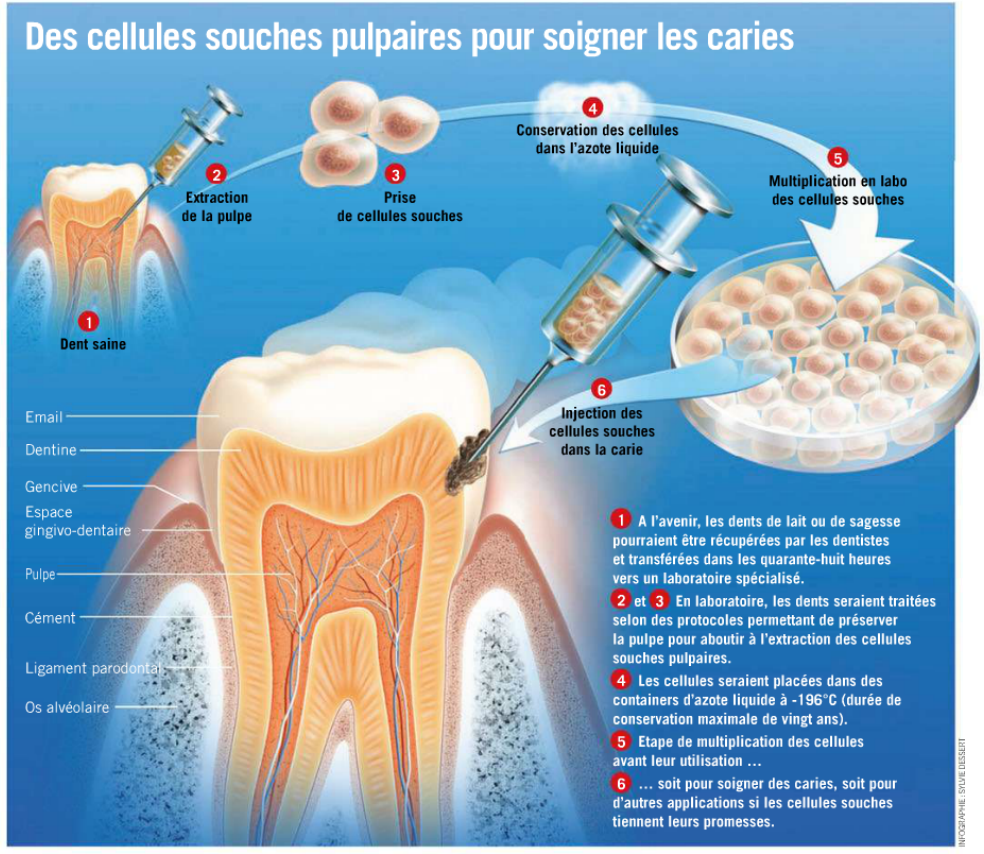
Ces animaux qui, eux, changent déjà leurs dents

Régénérer une dent ? Rien de plus facile pour un poisson ou pour le crocodile qui changent leur dentition des dizaines de fois au cours de leur vie. Mais pour un mammifère, cela ne se produit qu'une fois, quand les dents de lait sont remplacées. *« On ne sait pas pourquoi le remplacement continu de la dentition s'est arrêté chez un ancêtre des mammifères »*, précise le Pr Jean-Yves Sire, de l'université Pierre-et-Marie-Curie, à Paris. Certains mammifères tels les rongeurs, le cheval ou la vache ont néanmoins développé des dents à croissance continue pour compenser l'usure due à un régime herbivore très abrasif. *« Là encore*, précise Jean-Yves Sire, *nous ignorons comment cette propriété a été acquise au cours de l'évolution. »* Chez les vertébrés terrestres comme l'homme, l'émail recouvrant la couronne de la dent ne peut être régénéré car les cellules qui le produisent meurent après sa formation. En revanche, la dentine sous-jacente est un tissu minéralisé doté d'une certaine capacité à se réparer, d'où les perspectives de régénérescence *(voir le schéma ci-contre)*. **Pierre Kaldy**

L'innocuité des amalgames toujours en question

La polémique, ancienne, sur les amalgames dentaires est toujours aussi vive et continue régulièrement d'opposer les partisans du mercure – présents dans ces matériaux – et à ses opposants. Rappelons qu'on en trouve dans les plombages traditionnels, depuis longtemps accusés de nocivité. Des observations cliniques troublantes et variées ont en effet été rapportées, sans toutefois qu'un effet causal ait été démontré à l'échelle d'une population, plusieurs milliards d'amalgames ayant été posés depuis plus de deux siècles. L'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps), qui avait innocenté les amalgames en 2005, doit réactualiser son avis cette année. Mais les nouveaux matériaux, utilisés notamment dans les prothèses, font eux aussi débat. Plus esthétiques, mais nettement moins résistants, ils contiennent du bisphénol A (BPA). Ce perturbateur endocrinien, dont l'effet mime l'action des œstrogènes, est actuellement dans le collimateur des autorités de santé françaises qui l'ont interdit dans les biberons en raison de sa toxicité avérée chez l'animal et fortement suspectée chez l'homme *(lire* S. et A *n° 778, décembre 2011)*. En dentisterie, le problème est particulièrement sensible car le BPA est utilisé par exemple chez l'enfant en prévention des caries pour combler les sillons des molaires et éviter que la plaque dentaire ne s'y installe. *« Qu'allons-nous utiliser si les premiers sont bannis par obscurantisme et les seconds interdits par application du principe de précaution ? »*, s'interroge, provocateur, le Pr Michel Goldberg, professeur émérite à l'université Paris-Descartes et ancien président de l'Ifro, dans un récent numéro de la revue *Le Chirurgien-dentiste de France*. Aucune alternative sérieuse n'a pour l'instant été trouvé, l'innovation en la matière étant en panne.

Des cellules souches pulpaires pour soigner les caries



Manger moins pour vivre plus

A Brunoy, près de Paris, des chercheurs tentent de percer les secrets de la longévité des microcèbes, des primates de Madagascar, en leur imposant une restriction calorique à vie. Une expérience unique au monde.

Ces deux microcèbes sont soumis à un régime alimentaire différent. Celui de gauche a une nourriture standard ; il stocke le « surplus » dans sa queue, celui de droite est sous restriction calorique. Julia Marchal (ci-dessous) est membre de l'équipe Mécanismes adaptatifs et évolution, à l'origine de l'expérience.

C'est un bout de jungle malgache transporté dans le domaine d'un petit château du XVIIe siècle. Aux portes de Paris, à Brunoy, le laboratoire d'écologie générale du Muséum national d'histoire naturelle héberge la plus importante colonie de microcèbes *(Microcebus murinus)* au monde. Près de 500 de ces petits primates nocturnes et arboricoles d'une centaine de grammes vivent dans les ménageries construites dans le parc. Tous descendent d'individus venus de Madagascar voilà quarante-cinq ans. L'importation étant désormais interdite, les spécimens actuels du laboratoire sont nés en captivité dans l'animalerie. *« Nous en sommes aujourd'hui à la vingtième génération »*, précise Julia Marchal, doctorante et membre de l'équipe Mécanismes adaptatifs et évolution. Si la plupart de ces animaux sont impliqués dans des projets de recherche variés, parfois avec des chercheurs européens ou américains – allant de l'étude des rythmes biologiques à l'évolution de la lignée des primates ou encore l'écologie comparée –, 54 d'entre eux ont été enrôlés en 2007 dans une expérience très particulière. Inédite et unique au monde, Restrikal est un programme visant à déterminer s'il est possible d'allonger la vie de ces animaux en les soumettant à une diète chronique nommée « restriction calorique ». Les 54 microcèbes ont été divisés en trois groupes. Le premier, dit de contrôle, est nourri avec un régime standard, à savoir d'une rondelle de banane et d'une bouillie lactée protéique par jour. Le second, dit de restriction calorique, reçoit la même nourriture que le précédent, mais en quantité moindre d'un tiers. Enfin, le troisième est constitué d'animaux nourris normalement mais avec un petit « plus » : une supplémentation en resvératrol, un composé aux propriétés anti-âge *(lire l'encadré p. 79)*, 20 mg par jour.

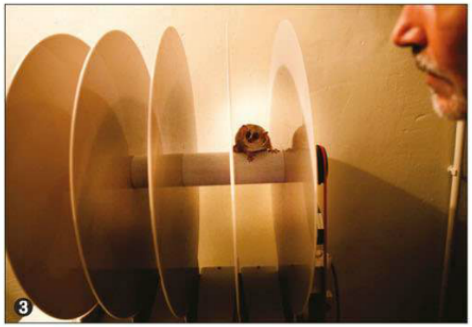
> « Les résultats préliminaires obtenus nous rendent optimistes »

« Les résultats préliminaires nous rendent optimistes », se félicite Julia Marchal. En effet, enrôlés à 3 ans, les microcèbes sous restriction calorique – ainsi que ceux sous resvératrol – ont vécu jusqu'au 62e mois. En comparaison, ceux sous alimentation normale sont morts en moyenne après 50 mois. Des résultats qui seront encore affinés car 32 animaux – sur les 54 – sont toujours en vie et les recherches se poursuivront jusqu'à la mort naturelle du dernier d'entre eux, soit dans trois ou quatre ans, estiment les chercheurs. En effet, un microcèbe vit en moyenne dix ans en captivité. *« Mais je ne serais pas surprise si un nombre important d'individus sous restriction calorique ou sous resvératrol tenaient jusqu'à douze ans ! »*, se félicite Fabienne Aujard, responsable de l'équipe.

Cela fait plusieurs années que la restriction calorique est à l'étude. Mais essentiellement chez les rongeurs. Pour une raison simple qui tient à la nature de l'expérience. L'objectif étant d'étudier les effets d'une diète suivie toute l'existence à partir de l'âge adulte, il est en effet plus commode de mener la recherche sur des animaux à courte durée de vie. Souris, rats mais aussi mouches, vers nématodes, levures se sont ainsi souvent prêtés à l'exercice avec des résultats parfois spectaculaires et des vies prolongées de 30 % voire 50 % ! Ecueil principal : ces travaux sont menés sur des espèces évolutivement très éloignées de l'espèce humaine, et les scientifiques ne garantissent pas que les résultats obtenus puissent lui être étendus ni que les mécanismes de longévité décelés soient communs avec les nôtres. D'autant que la restriction calorique donne des résultats radicalement différents selon les individus ! Plusieurs études montrent ainsi qu'elle n'a parfois aucun effet sur la durée de vie, pire, qu'elle peut la réduire. En cause : le génotype de l'individu qui pourrait contrecarrer, voire inverser, les effets positifs du régime, comme l'ont montré Chen-Yu Liao (université du Texas, San Antonio, Etats-Unis) et ses collaborateurs dans *Aging Cell* (2010). D'où l'intérêt de mener ces recherches sur des proches cousins de l'homme. C'est-à-dire des singes. Mais seules deux études se sont attelées à cette tâche de longue haleine dans le monde. L'une d'elles, menée par des chercheurs de l'université du Wisconsin-Madison (Etats-Unis), a débuté en 1989 sur des singes rhésus (*Macaca mulatta*) et devrait se poursuivre jusqu'en 2020. Selon de premiers résultats publiés dans la revue *Science* (2009), 80 % des animaux soumis à une restriction calorique ont survécu contre 50 % dans le groupe contrôle. On constate sur les premiers une survenue plus tardive de maladies liées à l'âge, comme le diabète, les cancers, les maladies cardio-vasculaires ou neurodégénératives.

Dans la famille « animaux modèles pour la recherche sur le vieillissement », le microcèbe est donc un bon compromis. Il présente beaucoup d'avantages que d'autres primates n'ont pas. Il est petit, ce qui permet d'étudier des groupes importants dans un espace réduit. Il a des signes de sénescence très marqués : son pelage blanchit considérablement et ses oreilles ainsi que son museau rétrécissent avec l'âge. Nocturne, il obéit à des rythmes saisonniers précis, Madagascar ne connaissant que l'été et l'hiver, son métabolisme et son poids varient considérablement en fonction de ces deux saisons. Mince et actif l'été, l'animal réduit son activité le reste du temps, se constituant une réserve de graisses. Son poids passe alors de 80 à 120 g en moyenne, ce qui facilite l'étude de l'influence de telle ou telle alimentation sur son organisme. Enfin, contrairement aux plus grands primates, il ne vit « que » de huit à dix ans en captivité. *« Cet animal nous offrait également la possibilité d'évaluer les effets du resvératrol, ce qui n'avait jamais été fait avant chez un primate*, explique Fabienne Aujard. *A terme, lorsque la phase des observations sera terminée, il s'agira d'élucider les mécanismes moléculaires activés chez les individus dont la longévité aura été augmentée. »*

Régulièrement, tous les animaux sont donc soumis à une batterie de tests sanguins et urinaires où sont dosées quantités d'hormones et de marqueurs biologiques, comme la testostérone, la mélatonine, le cortisol, l'insuline ainsi que plusieurs marqueurs d'inflammation. Les animaux sont désignés par un numéro. Plus vifs, plus agités, les individus sous ●●●



❶ Ce lémurien fait partie du groupe qui suit un régime riche. Il faut parfois insister pour que les petits primates acceptent de consommer un aliment au goût inhabituel, comme ici.
❷ 54 microcèbes, tous nés à l'animalerie du laboratoire d'écologie générale du Muséum national d'histoire naturelle, à Brunoy, participent à l'expérience sur la restriction alimentaire.
❸ Ce test dit de rotator, qui consiste à faire marcher un lémurien sur un cylindre tournant, permet d'observer sa capacité motrice.

●●● restriction alimentaire ne tardent jamais à gagner un surnom. Il y a *« le fugueur », « le câlin », « le râleur »*…, énumère Julia Marchal. *« A certaines périodes de l'année, la restriction calorique représente un stress pour l'animal. Son métabolisme augmente. Il a faim et il enrage de voir les autres manger »*, poursuit la chercheuse. Pour le reste, les microcèbes sous restriction se portent comme un charme : ils sont en effet plus performants lors des exercices de locomotion et des tests comportementaux que les animaux du groupe contrôle. Ils ont aussi une meilleure mémoire émotionnelle ainsi qu'une meilleure mémoire spatiale lors des tests de labyrinthes. S'agissant du groupe sous resvératrol, les résultats sont analogues à ceux sous restriction calorique, à l'exception cependant des tests de mémoire spatiale où leurs performances sont équivalentes à celles des animaux contrôles. Une différence que les chercheurs n'expliquent pas pour l'instant.

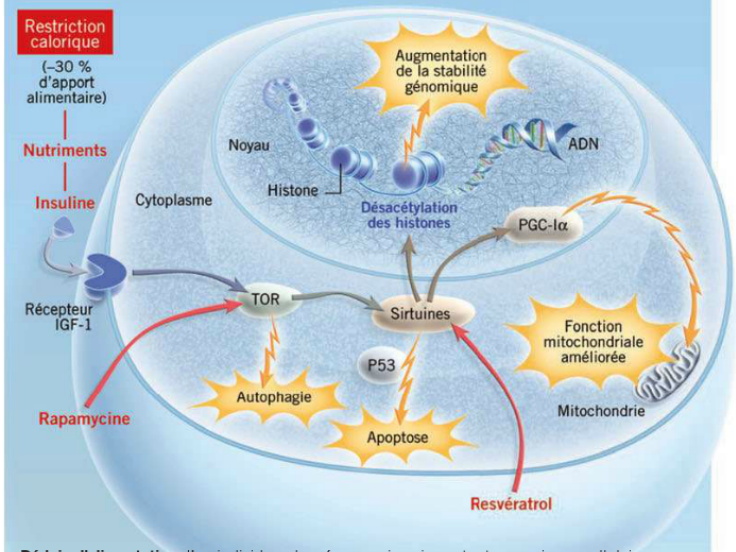
D'un point de vue moléculaire, on commence à avoir une idée assez précise des mécanismes impliqués dans la restriction calorique. Depuis plusieurs années, l'étau se resserre. Tout porte à penser que le secret de la longévité se cache au niveau de la chaîne de réactions qui irrigue la cellule à partir du métabolisme de l'insuline. Plusieurs récepteurs et gènes situés dans cette zone biochimique *(voir le schéma ci-contre)* ont en effet été identifiés comme des facteurs impliqués dans la régulation de la longévité. Il s'agit le plus souvent de molécules ayant la capacité de répondre à une carence en nutriments et d'ajuster le métabolisme cellulaire en fonction des conditions. Car nos machines physiologiques sont des merveilles d'adaptation : pourquoi s'épuiser à fonctionner à son activité maximale quand il y a moins de nutriments à dégrader ? D'autant que l'activité cellulaire n'est pas sans conséquences. Comme toute usine, elle génère des déchets dont l'accumulation joue une part non négligeable dans le vieillissement de la cellule et, au-delà, de celui de l'organisme. Et c'est là toute la théorie sous-tendue par la restriction calorique : forcer la machine cellulaire à turbiner moins, lui faisant ainsi produire moins de déchets et donc diminuer son usure et son vieillissement.

Plusieurs candidats au débrayage cellulaire existent. Le plus convoité est le récepteur à l'IGF-1 (une hormone proche de l'insuline), une molécule enchâssée à la surface de nos cellules *(voir le schéma)*. C'est en inactivant en partie le récepteur à l'IGF-1 chez des souris que Martin Holzenberger et son équipe de l'hôpital Saint-Antoine (Paris) ont conçu des rongeurs avec une durée de vie allongée de 20 % *(lire* S. et A. *n° 672, février 2003)*. On évoque également le rôle des sirtuines. Ces enzymes agiraient sur la longévité en stabilisant les chromosomes et en protégeant les mitochondries – les centrales énergétiques de la cellule – de tout dommage. Or, le resvératrol serait précisément une substance activant les sirtuines. Les chercheurs fondent aussi beaucoup d'espoir sur une autre molécule, la rapamycine, un médicament immunosuppresseur agissant sur la protéine Tor et activant le processus d'autophagie permettant de dégrader efficacement les déchets protéiques et jouant, à nouveau, sur les sirtuines. Autant de nouvelles pistes de recherche qui marqueront l'aventure de Restrikal II, lorsque l'étude en cours aura pris fin.

« La poursuite de l'étude se déroulera en effet sur le territoire de la génétique », explique Jacques Epelbaum (Inserm/université Paris-Descartes) qui collabore au projet. *« Grâce au séquençage à haut débit, il nous sera possible de comprendre plus précisément les mécanismes activés chez un animal dont la longévité aurait été améliorée. »* Une seconde annexe au projet pourrait également être mise en place : il s'agirait cette fois d'analyser l'efficacité de certains « élixirs de longue vie » (resvératrol, rapamycine…) sur des microcèbes n'ayant pas commencé leur restriction calorique, ni pris de resvératrol. Des animaux « naïfs » de tout traitement donc, et traités dès les premiers signes de la sénescence, vers 6-7 ans. Cela afin d'observer s'il est possible de jouer sur la longévité d'individus vieillissants. Pourtant, il n'y aura jamais de solution magique, annonce d'emblée la majorité des chercheurs du vieillissement. Le médicament capable de rayer certains dommages du grand âge, s'il existe un jour, ne pourra jamais aller sans une vie saine et un régime tempéré. Et pas trop sucré si possible.

Hervé Ratel
Photos : Dung Vo Trung/ Lookatsciences pour Sciences et Avenir

La santé cellulaire améliorée et l'ADN stabilisé



Réduire l'alimentation d'un individu a des répercussions importantes au niveau cellulaire. Une restriction calorique entraîne une diminution d'activité des récepteurs à l'IGF-1, moins sollicités. La réaction en chaîne se propage ensuite à des protéines essentielles, comme TOR ou les sirtuines, également les cibles de deux « élixirs anti-âge », la rapamycine et le resvératrol. Au final, deux mécanismes de maintien d'intégrité cellulaire, l'autophagie et l'apoptose *via* la protéine suppresseur de tumeur P53, augmentent leurs activités, les fonctions mitochondriales, essentielles à la bonne santé de la cellule, sont améliorées et l'ADN se voit stabilisé, réduisant ainsi les risques de mutations délétères.

INFOGRAPHIE : SYLVIE LESSERT

Le resvératrol, élixir anti-âge ?

Ce composé polyphénolique est présent, entre autres, dans les tomates cerises, les cacahuètes, le thé et les mûres. On le trouve également en grande concentration dans la peau des raisins, et donc, par transformation dans le vin rouge *(lire* S. et A. *n° 763, septembre 2010)*. C'est la raison pour laquelle ce composé est considéré, par certains diététiciens, comme l'un des piliers du célèbre « french paradox » qui expliquerait que les Français, en dépit d'une alimentation riche, notamment en graisses animales, meurent moins d'infarctus du myocarde que ceux d'autres pays industrialisés comme les Etats-Unis ou la Grande-Bretagne. Un paradoxe qui trouverait aussi son origine dans une alimentation riche en fruits et en légumes. Mais même si l'étude française sur les microcèbes tendait à accréditer le rôle positif de ce composé sur la longévité de ces animaux, il sera impossible d'en tirer une application directe. Pour absorber l'équivalent des doses qui sont données à ces petits mammifères, il nous faudrait boire 500 litres de vin rouge par semaine !

Trou noir, la Terre ouvre grand ses antennes

Mis en réseau sur l'ensemble du globe, 12 observatoires devraient bientôt former un radiotélescope géant, l'EHT, pour réaliser la première image historique d'un trou noir, à environ 27 000 années-lumière de nous.

« **Avant la fin** *de la décennie va s'ouvrir une nouvelle ère : pour la première fois, nous allons être capables d'observer un trou noir* », prédit Eric Gourgoulhon, chercheur au laboratoire Univers et théories de l'observatoire de Paris. L'instrument de cette révolution annoncée, c'est l'EHT (Event Horizon Telescope). En réalité, ce terme ne désigne pas un seul télescope, mais une douzaine d'observatoires disséminés sur le globe, depuis l'Antarctique jusqu'à Hawaii, en passant par le Chili et la France. L'idée, débattue en janvier par des astronomes réunis à Tucson, aux Etats-Unis – à l'initiative notamment de Daniel Marrone, de l'université de l'Arizona et de Shep Doeleman, de l'observatoire Haystack appartenant au Massachusetts Institute of Technology –, consiste à donner simultanément à chacun d'entre eux le même objectif pendant un temps déterminé. Ainsi, lorsqu'ils travailleront de concert, leur puissance collectrice combinée correspondra à un miroir de la taille de la Terre ! Rien de moins.

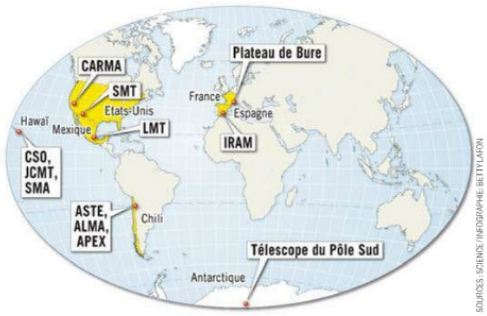
Ce projet fou est né d'une frustration : l'impossibilité jusqu'à présent d'observer directement les trous noirs et de confirmer leur existence. Prédits par la théorie, et notamment par la relativité générale, ces objets sont en effet invisibles, car leur force de gravitation extrêmement puissante retient tout, même la lumière. Ils n'émettent donc aucun rayonnement et on ne peut déduire leur existence, en observant leur environnement. Telle est la démarche des astrophysiciens de l'institut Max-Planck à Garching (Allemagne), qui observent depuis 1992 le ballet de 28 étoiles au centre de la Galaxie, dans la direction de la constellation du Sagittaire à environ 27 000 années-lumière de nous. L'une d'elles, l'étoile S2, fait le tour de quelque chose d'obscur en moins de seize ans ! *« C'est rare, à l'échelle d'une vie humaine, de pouvoir observer une orbite d'étoile autour du centre galactique »*, s'exclame Eric Gourgoulhon. Ces mouvements, leur vitesse notamment, ont permis d'estimer la masse de l'astre invisible baptisé Sagittarius A* (Sgr A*) : quelque quatre millions de masses solaires contenues dans un espace plus petit que notre système solaire ! *« Le plus plausible, c'est qu'il s'agisse d'un trou noir »*, note Eric Gourgoulhon. *D'ailleurs, les astronomes pensent qu'il y a un trou noir supermassif au centre de toutes les galaxies spirales* (voir les Repères p. 81) *: pourquoi notre galaxie ferait-elle exception ? »*

Mais ce n'est là qu'une hypothèse. Et pourquoi pas quelque chose de plus exotique ? Une étoile bosonique, par exemple. Cette drôle de créature astronomique, qui n'existe qu'en théorie, est une concentration de champs scalaires issus de l'Univers primordial. Certes, *« nous n'avons pas de preuve de l'existence de tels champs dans l'Univers*, souligne Eric Gourgoulhon, *mais s'ils existaient, ils pourraient se concentrer et former une boule compacte qui, vue de loin, pourrait être confondue avec un trou noir »*. Les astronomes aimeraient bien en avoir le cœur net. Mais les instruments existants ont besoin d'une résolution suffisante pour zoomer dans une région aussi embouteillée par du gaz et des étoiles.

D'où l'idée simple exprimée dès 2000 par Heino Falcke, de l'université Radboud, à Nimègue (Pays-Bas) : si tous les radiotélescopes du monde se donnaient la main, ils pourraient sans doute réaliser la première image d'un trou noir. Et la cible logique d'une telle expérience serait précisément Sgr A* : la taille d'un trou noir étant proportionnelle à sa masse, le trou noir central de la Voie lactée serait en effet le plus gros d'entre eux vu depuis la Terre. Il reste néanmoins très petit par rapport à d'autres objets du ciel. *« La résolution attendue pour l'observer est d'environ 20 microsecondes d'arc*, explique Olivier Gentaz, de l'Iram (Institut de radioastronomie millimétrique) de Grenoble. *Ce qui revient à tenter de photographier une balle de golf sur la Lune. »* Ou l'épaisseur d'un cheveu vu à 1000 kilomètres…

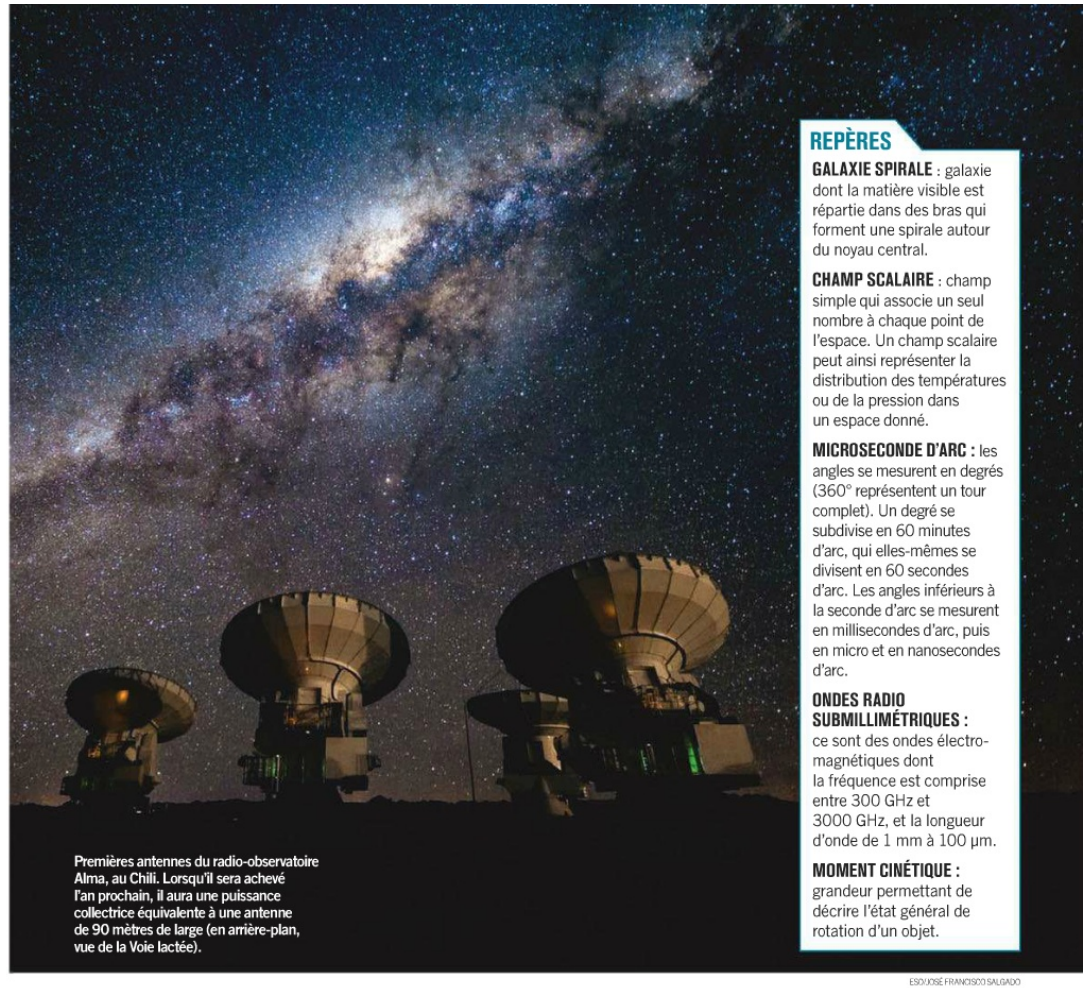
Le défi est de taille, mais il devrait être à la portée de l'EHT, qui observera dans le domaine des ondes radio submillimétriques. Les radio-observatoires sélectionnés pour le projet devront être capables de fonctionner en même temps, dans un même domaine de fréquence. Une fois les instruments adaptés à l'observation dans ces longueurs d'onde, tout sera ensuite question de rendez-vous et de ponctualité. Pour cela, chaque observatoire sera doté d'un maser, une horloge atomique extrêmement stable basée sur l'atome d'hydrogène, ce qui permet d'avoir une chronologie commune. Une fois l'observation lancée à l'instant T, *« elle pourra durer jusqu'à une semaine*, indique Olivier Gentaz. *Il ne restera plus alors qu'à allumer un cierge pour qu'il n'y ait pas trop de nuages. »* Car ces observations sont étroitement dépendantes des conditions météorologiques. Et si l'un des observatoires impliqués est sous un ciel bas, par exemple, ses données ne seront pas utilisables, ce qui diminuera d'autant la qualité du signal. Autant dire qu'il faudra sans doute plusieurs tentatives avant de discerner l'ombre d'un éventuel trou noir.

De part et d'autres de l'Atlantique, les radioastronomes ont déjà l'expérience du travail en équipe à des milliers de kilomètres de distance les uns des autres. En effet, le principe de mise en réseau d'observatoires est régulièrement exploité à plus petite échelle : c'est ce que l'on nomme l'interférométrie à très grandes lignes de base ou VLBI (*very long baseline interferometry*). Deux réseaux coexistent, l'EVN (European VLBI Network) et le VLBA (Very Long Baseline Array). Le premier, formé en 1980, réunit aujourd'hui 14 grands instituts de radioastronomie et 18 radiotélescopes individuels, parmi les plus sensibles du monde, implantés en Europe, en Russie, en Chine et en Afrique du Sud. Le second utilise dix antennes couvrant tout le ●●●



NOAO/AURA/NSF/UNIVERSITY OF WISCONSIN-MILWAUKEE/SOUDOS SCIENCE

L'Event Horizon Telescope observera dans le domaine des ondes radio submillimétriques. Il réunit pour l'instant 12 radiotélescopes (dont six à Hawaii et au Chili) qui devront être capables de fonctionner en même temps, dans un même domaine de fréquence.



Premières antennes du radio-observatoire Alma, au Chili. Lorsqu'il sera achevé l'an prochain, il aura une puissance collectrice équivalente à une antenne de 90 mètres de large (en arrière-plan, vue de la Voie lactée).

ESO/JOSÉ FRANCISCO SALGADO

REPÈRES

GALAXIE SPIRALE : galaxie dont la matière visible est répartie dans des bras qui forment une spirale autour du noyau central.

CHAMP SCALAIRE : champ simple qui associe un seul nombre à chaque point de l'espace. Un champ scalaire peut ainsi représenter la distribution des températures ou de la pression dans un espace donné.

MICROSECONDE D'ARC : les angles se mesurent en degrés (360° représentent un tour complet). Un degré se subdivise en 60 minutes d'arc, qui elles-mêmes se divisent en 60 secondes d'arc. Les angles inférieurs à la seconde d'arc se mesurent en millisecondes d'arc, puis en micro et en nanosecondes d'arc.

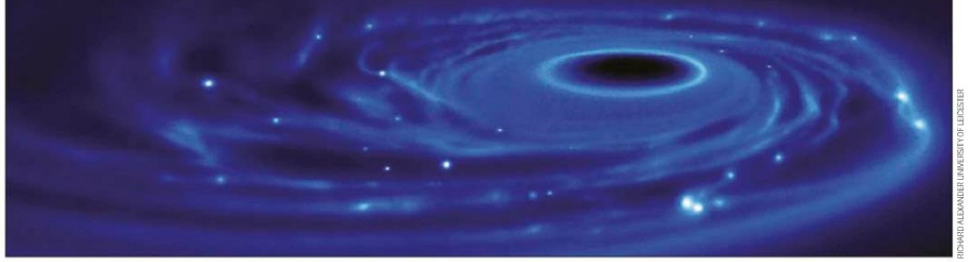
ONDES RADIO SUBMILLIMÉTRIQUES : ce sont des ondes électromagnétiques dont la fréquence est comprise entre 300 GHz et 3000 GHz, et la longueur d'onde de 1 mm à 100 µm.

MOMENT CINÉTIQUE : grandeur permettant de décrire l'état général de rotation d'un objet.

« C'est comme tenter de voir un cheveu à 1000 km de distance»

Petits stellaires et supermassifs, le grand vide

Les trous noirs se classent en deux grandes familles. D'un côté il y a les PETITS STELLAIRES et de l'autre les SUPERMASSIFS. Les premiers sont des cadavres d'étoiles. Lorsqu'une étoile très massive arrive en fin de vie, sa force radiative ne peut plus contrer sa propre force de gravitation qui prend le dessus. Après avoir éjecté ses couches supérieures en supernova, son cœur implose : il tombe indéfiniment sur lui-même jusqu'à former une singularité centrale, un point de l'espace-temps très concentré. Les trous noirs supermassifs possèdent, eux aussi, une singularité centrale. Mais ils se sont sans doute formés dans l'univers primordial par effondrement d'un vaste nuage de gaz. C'est probablement le cas pour Sgr A* ou pour le trou noir central de M87, deuxième candidat possible pour les observations futures de l'EHT à environ 53,5 millions d'années-lumière de la Terre. Le trou noir est un objet astronomique simple car il suffit de connaître sa masse et son moment cinétique (voir le lexique p. 79) pour en faire une description complète. L'intérieur du trou noir est tout aussi sobre, surtout composé de vide. Il s'agit d'une structure de l'espace-temps très courbée autour d'une singularité centrale, que la relativité générale ne parvient pas à décrire (lire S. et A. n° 758, avril 2010, n° 767, janvier 2011, et notre DVD Voyage au cœur d'un trou noir). L'horizon des événements lui-même est totalement immatériel. Un vaisseau spatial en route vers un trou noir ne distinguerait pas le moment où il franchirait physiquement cette frontière pour pénétrer dans le trou noir. Mais une fois l'horizon franchi, il n'y aurait plus aucun espoir de retour et plus de communication possible avec l'extérieur. A mesure qu'il s'approcherait du centre, la force gravitationnelle s'exercerait de manière différenciée sur les membres d'équipage : leurs pieds, par exemple, seraient plus attirés que leur tête et vaisseau et équipage finiraient par se disloquer.



RICHARD ALEXANDER UNIVERSITY OF LEICESTER

●●● territoire des Etats-Unis, depuis les Antilles jusqu'à Hawaii. Ces réseaux permettent de constituer un télescope dont la résolution est proportionnelle à la distance maximale de séparation des antennes. Plusieurs fois par an, sont lancées des sessions d'observations, réalisées de manière simultanée et liées à un horaire extrêmement précis, grâce à l'utilisation d'horloges atomiques. Cela permet, une fois les données centralisées, de les corréler avec exactitude pour obtenir une image d'une précision exceptionnelle. Ces réseaux ont déjà été utilisés pour regarder Sgr A*, ce qui a permis d'apercevoir la présence, autour de l'objet central, d'un disque d'accrétion, c'est-à-dire d'une galette de gaz et de lambeaux d'étoiles tournoyant à grande vitesse autour de lui. Certes, le cliché est flou et imprécis. Mais il a soulevé l'enthousiasme et motivé la volonté de faire mieux, au niveau planétaire cette fois, en unissant les deux grands réseaux (EVN et VLBA) et en y adjoignant d'autres radiotélescopes. Et notamment Alma (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), une armada internationale de 66 antennes en cours d'installation dans le désert chilien.

Les théories de la gravitation n'ont jamais été testées à cette échelle

Ce radio-observatoire géant, qui devrait être achevé en 2013, aura une puissance collectrice équivalente à celle d'une antenne de 90 mètres de large. Soit un atout majeur pour le futur EHT qui, parce qu'il s'appuie sur des moyens déjà existants, ne devrait coûter aux financeurs « que » quelques millions d'euros (contre 1 milliard au moins pour le futur grand radio-observatoire international SKA, *lire* S. et A. *n° 747, mai 2009)*… qui restent toutefois à trouver.

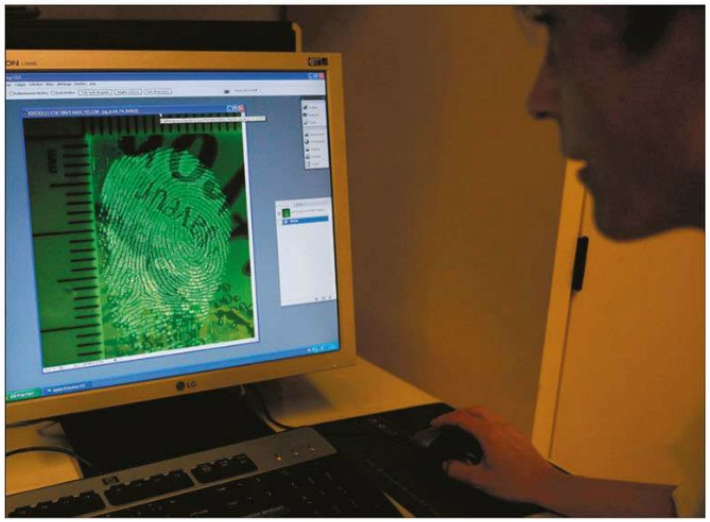
Le coût est modique mais l'enjeu est énorme, puisqu'il s'agit de repousser la physique actuelle dans ses derniers retranchements en la soumettant aux énergies les plus extrêmes de l'Univers. En réalité, les chercheurs ne vont pas regarder directement le trou noir, puisqu'il n'émet rien, mais sa silhouette. Soit une tache noire se découpant sur le disque d'accrétion. Celui-ci est formé de plasma, un gaz visqueux de protons et d'électrons en rotation différenciée : les parties les plus proches du trou noir tournent plus vite que celles situées à plus grande distance. Les différentes couches de matière, frottent les unes sur les autres, s'échauffent et se freinent. Résultat : de même qu'un satellite en orbite autour de la Terre finit par entrer dans l'atmosphère sous l'effet des frottements, la matière autour du trou noir finit par quitter sa dernière orbite stable, pour spiraler et tomber sous l'horizon, disparaissant ainsi à jamais de nos radars… Cet horizon des événements est sans doute l'un des lieux les plus extrêmes de l'Univers. Jamais encore les théories de la gravitation n'ont été testées à cette échelle et l'expérience pourrait réserver des surprises. De plus, c'est ce même horizon qui délimite la forme du trou noir. *« Selon les théories, un trou noir a une silhouette bien précise, dessinée par la déviation des rayons lumineux et parfaitement prévisible »*, note Eric Gourgoulhon. Mais si d'aventure le cliché pris par l'EHT dévoilait une autre silhouette que celle attendue, ces mêmes théories tremble raient alors fortement sur leurs bases… **Sylvie Rouat**

Criminologie

Peut-on tout savoir d'un suspect par son ADN ?

LE CONTEXTE

Deux affaires criminelles ont pu être résolues récemment en France grâce à de nouvelles techniques de comparaisons d'ADN. Toutefois, si la recherche permet de récolter de plus en plus d'informations génétiques, toutes ne pas sont pas forcément exploitables légalement par la police.



ERIC TRIPELON POUR SCIENCE ET AVENIR

Comparaison d'ADN à partir d'empreintes digitales à l'Institut national de criminalistique et de criminologie de Lyon.

Fin janvier, un certain A. K. est identifié comme l'auteur de trois viols avec agression à Paris, le mois précédent. Pour remonter jusqu'à lui, la police a opéré de manière classique avec enquête de terrain, appels à témoins et portrait-robot. Mais également avec une nouvelle utilisation des traces d'ADN. Le criminel ne figurait pas au FNAEG*. En revanche, l'enquête mène à un homme de 39 ans, fiché en 1989 pour violences. Sur sa fiche d'empreintes digitales, les enquêteurs relèvent l'ADN contenu dans les résidus de sueur fixés par l'encre sur le carton. Après comparaison, cet ADN s'est révélé le même que celui du violeur. Après signalement aux polices européennes, A. K. a été retrouvé à Anvers, où il était emprisonné pour vol.

Le même mois, la police est parvenue à identifier, dix ans après les faits, l'auteur du viol et du meurtre d'Elodie Kulik. A l'époque, les enquêteurs avaient pu prélever l'ADN nucléaire du violeur, autrement dit son identité génétique complète, ne pouvant correspondre qu'à une seule personne (sauf cas rare de jumeau monozygote). Là non plus, rien au FNAEG. D'où une idée en forme de coup de poker : chercher dans le même fichier des « ADN parents », correspondant à des membres de la famille du coupable qui auraient eu affaire à la justice. La police trouve alors un père de famille emprisonné pour agression sexuelle. L'enquête mène à l'un de ses fils, décédé en 2003 dans un accident de la route. Pour confirmation, les enquêteurs ont fait exhumer le corps et analyser l'ADN : c'est bien celui du meurtrier d'Elodie Kulik.

Dans ces deux affaires, la police a innové non dans l'analyse génétique mais dans la comparaison. *« En France, la loi interdit de travailler sur l'ADN pour faire des portraits-robots et des recherches morphologiques »*, insiste Christian Doutremepuich, expert en ADN à Bordeaux. Seule la comparaison, pour confirmer ou infirmer une piste, est autorisée. Un garde-fou contre le fichage ethnique, la collecte d'informations sur des maladies génétiques et les dérives qui vont avec. *« Toutes les séquences d'ADN analysées par la police scientifique sont des séquences dites non codantes,* confirme Pascal Soularue, fondateur de PartnerChip, spécialisée dans l'analyse de puces à ADN. *Elles permettent de différencier un individu d'un autre, sans donner de caractéristiques géniques. »* Les enquêteurs peuvent utiliser 13 séquences, qui fournissent en moyenne 15 000 différences entre individus. Largement suffisant dans le cadre ●●●

●●● d'une comparaison. Mais interdiction, par exemple, de déterminer la couleur des yeux ou de la peau et d'orienter des recherches sur cette base. Ce qui n'empêche pas la science d'avancer. Début 2011, des chercheurs du centre médical Erasmus de Rotterdam annonçaient pouvoir déterminer avec 90 % de fiabilité les couleurs de cheveux roux et noir, et à plus de 80 % le blond et brun. Ils ont pour cela mené une analyse statistique sur une série de gènes jouant un rôle dans la pigmentation des cheveux sur un échantillon de 385 personnes. Depuis 2009, la même équipe sait aussi identifier les couleurs bleu et marron des yeux dans plus de neuf cas sur dix. Alors, bientôt le portrait-robot dressé par l'ADN ? *« Un portrait-robot, c'est 90 % de facteurs environnementaux*, relativise Pascal Soularue. *Imaginez quelqu'un avec le nez cassé parce qu'il a été boxeur : cela ne sera pas dans son génome. Une personne sans cheveux peut être rasée ou chauve comme elle peut sortir d'une chimiothérapie. »*
Prudence donc. D'autant que le sujet reste sensible. En 2006, l'Institut génétique Nantes Atlantique (Igna) du professeur Jean-Paul Moisan proposait aux enquêteurs son Test d'orientation géogénétique (Togg), permettant d'identifier l'origine géographique des ancêtres d'une personne à partir de son ADN. Jean-Paul Moisan a identifié, après analyse statistique, une quarantaine de polymorphismes non codants respectant une certaine répartition géographique. Ceux-ci permettent alors de savoir si une personne a des origines européennes, africaines subsahariennes ou est-asiatiques. *« Il ne faut pas se cacher : quelqu'un d'Afrique subsaharienne, cela veut dire un Noir »*, reconnaît le professeur. D'où une polémique en 2008. Depuis, l'Igna a abandonné ce travail.

Arnaud Devillard

*Fichier national automatisé des empreintes génétiques.

Météorologie

Pourquoi les ouragans sont-ils si prévisibles dans l'Atlantique ?

LE CONTEXTE

Une société de prévisions météo a annoncé 12 tempêtes dont 7 ouragans entre le 1er juin et le 30 novembre. D'où viennent ces prévisions ?

La société Weather Service International (WSI) a annoncé qu'il y aurait cette année 12 tempêtes dans l'Atlantique Nord (contre 19 en 2011), incluant 7 ouragans dont trois majeurs. D'autres prédictions sont attendues, comme celles de la Colorado State University, début avril, ou celles du Climate Prediction Center de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), fin mai. Cette agence gouvernementale a déjà annoncé que la « saison des ouragans » 2012 se situerait dans la moyenne, établie à 12,1 tempêtes dont 6,4 ouragans. Ces chiffres résultent d'analyses statistiques. WSI a développé son modèle en 2006 et le fait fonctionner avec le logiciel MatLab. *« Nous nous servons d'une technique de régression qui calcule la corrélation entre les valeurs de diverses données et l'activité orageuse attendue »*, explique Todd Crawford, météorologue chez WSI. Les variables en question sont notamment les anomalies de température dans les eaux du Pacifique Nord (phénomènes connus sous les noms d'El Niño et La Niña) et le phénomène climatique de l'oscillation nord-atlantique.
Ce modèle de corrélation se base sur un historique de soixante ans de données, fourni par les agences gouvernementales (dont la NOAA). Après avoir obtenu une première prédiction, WSI l'ajuste en cours de saison. Les chercheurs du Colorado utilisent les mêmes données pour leur propre approche statistique, avec deux mises à jour début juin et début août. *« Nos prédictions donnent un niveau d'activité fiable à 70 %*, indique Gerry Bell, responsable de la prévision pour l'Atlantique Nord à la NOAA. *Cela veut dire que la prochaine saison devrait correspondre à sept saisons sur dix ayant eu des conditions climatiques similaires à celles attendues cette année. »*

A. D.

L'ouragan Irene survole la côte est américaine en août 2011.

NOAA

DERRIÈRE LES CHIFFRES

25 à 28 petaoctets

C'est la quantité de données stockées sur 1103 serveurs aux Etats-Unis et au Canada par le site de partage de fichiers Megaupload – fermé en janvier par la justice américaine – selon son hébergeur, Carpathia. L'équivalent de 332 à 372 années de vidéo haute définition ou de 50 fois le contenu de la bibliothèque du Congrès à Washington, sachant qu'un seul petaoctet correspond à un an et quatre mois de films ! Carpathia a demandé la restitution des serveurs pour détruire ces données, qui lui coûteraient inutilement 9000 dollars (6760 €) par jour, et louer l'espace libéré à de nouveaux clients. A l'inverse, le syndicat des studios hollywoodiens souhaite la conservation des fichiers pour lancer des poursuites au civil contre les responsables du site accusés d'avoir diffusé illégalement des œuvres protégées par le droit d'auteur et contre ceux qui les ont matériellement aidés. Par ailleurs, un reporter américain a fait savoir qu'il voulait récupérer ses propres vidéos stockées sur les serveurs. Beaucoup d'utilisateurs se servaient en effet de Megaupload comme d'un espace de stockage de fichiers personnels ou professionnels. Ils risquent aujourd'hui de tout perdre. **A. D.**

La biontologie à l'épreuve des faits

Une pseudo-science au goût de luxe

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

La biontologie, cure mise au point par Henri Chenot, est très prisée des sportifs et des stars.

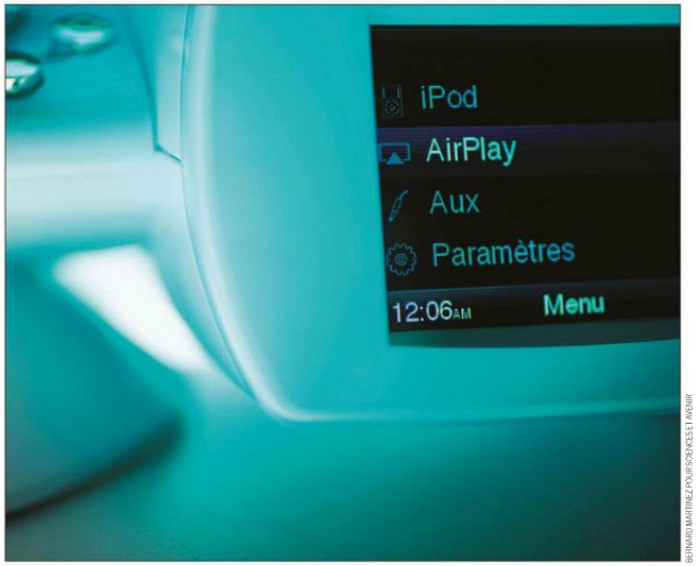
Sur les contreforts des Alpes, dans le nord de l'Italie, les stars du football, du showbiz et même de la politique ont leur refuge *« bien-être »* : le Merano Palace. Ce spa luxueux est réputé pour son espace Henri-Chenot, du nom du propriétaire des lieux. Ce Français est l'inventeur de la biontologie, un concept qu'il décrit comme *« l'étude de l'essence de la vie et de son évolution »*. Concrètement, il s'agit d'une cure pouvant durer jusqu'à dix jours, centrée sur la « détox » (détoxification) et le rajeunissement, agrémentés d'un sérieux régime hypocalorique. Henri Chenot propose en fait à ses clients un véritable catalogue de pratiques pseudo-thérapeutiques parmi les plus en vogue dont certaines, comme l'hydrothérapie du côlon, ont déjà été évoquées dans ces pages (S. et A. *n° 768, février 2011)*. D'autres, peu connues en France, sont très prisées aux Etats-Unis comme la « biorevitalization [sic] avec les plaquettes » ou « *vampire facelift* ».
Cette technique, à 1500 € la séance, consiste à prélever un peu de sang d'une personne et à le centrifuger pour récupérer le plasma, riche en plaquettes. Celui-ci est réinjecté sous la peau du visage pour la *« rendre plus ferme, plus élastique, plus lumineuse »* ! Une pratique qui atterre Martine Jandrot-Perrus, directrice de recherche à l'Inserm (unité mixte U 698, hôpital Bichat et spécialiste des plaquettes. *« L'injection de plasma riche en plaquettes a de véritables utilisations en médecine, notamment pour favoriser la cicatrisation de plaies qui ne guérissent pas, car elles libèrent des facteurs mobilisant les cellules souches. Mais là, en cosmétique, en l'absence de plaie, au mieux cela n'a aucun intérêt, au pire cela peut entraîner la formation de nodules fibreux ! »*
Les clients du palace Merano ont aussi droit à une étrange détoxification par « thérapie chélatante » visant entre autres, à éliminer les métaux lourds piégés dans les tissus. Ils reçoivent une injection d'un produit – en général de l'EDTA (acide éthylène diamine tétraacétique) – provoquant une réaction physico-chimique dite chélatante, qui lie ce produit aux métaux pour les éliminer *via* les urines. Problème, cette « détox » est inutile *(lire* S. et A. *n° 779, janvier 2012)* et potentiellement dangereuse. *« Un chélateur a des effets sur la concentration de calcium. Il peut provoquer des effets multiples en raison de l'importance du calcium dans des processus vitaux comme le rythme cardiaque, la contraction musculaire ou la coagulation »*, souligne Martine Jandrot-Perrus.
Ces pratiques contestables sont cohérentes avec la biographie officielle d'Henri Chénot, qui revendique un doctorat de l'université de Kensington (Etats-Unis) dont il serait aussi docteur *honoris causa*. Or, cette université… n'existe pas ! Il s'agit d'une société américaine fermée par décision de justice en 2003 et qui commercialisait des diplômes non reconnus officiellement.

Olivier Hertel

Parmi les techniques, le « Vampire facelift » qui consiste à prélever du plasma dans le sang d'une personne et à lui réinjecter sous la peau du visage

Musique à la carte

L'écoute d'une symphonie ou d'un concert de rock devant sa chaîne hi-fi n'est plus de mise. La tendance est à la musique dématérialisée, libre d'être appréciée en tout point de la maison, en fonction de son humeur ou de ses activités. Une station AirPlay répond à cette attente en offrant une diffusion sans fil, à partir de nombreuses sources.



BERNARD MARTINAUD/PHOTOPQR/SCIENCES ET AVENIR

Qu'est-ce qu'AirPlay ?

Mis au point par Apple, AirPlay est un système de liaison sans fil visant à associer une source telle qu'un iPhone, un iPod, un iPad ou même un ordinateur à un, ou plusieurs, systèmes de diffusion de musique : une station AirPlay, terme devenu générique. Le but étant de mettre tous ses appareils en réseau afin qu'ils communiquent ensemble. A noter que si AirPlay est capable de convoyer aussi des photos ou de la vidéo, nous nous intéresserons ici exclusivement à la musique. Basée sur le réseau Wi-Fi de l'habitation, la technologie AirPlay offre une grande simplicité d'interconnexion. Ainsi, sur l'écran du baladeur ou de l'ordinateur, apparaissent l'ensemble des systèmes de diffusion auquel elle peut se raccorder, chaque source devenant ainsi une sorte de super-télécommande. On peut alors choisir l'enceinte – ou les enceintes – de diffusion et sélectionner les musiques que l'on veut écouter dans la maison. Même le réglage du volume de la restitution est accessible. Pour bénéficier de la liaison AirPlay, chaque appareil devra cependant être identifié au sein du réseau. En effet, les ondes du Wi-Fi n'ayant pas de frontière, il est indispensable de limiter chaque zone de diffusion par un code d'accès, sous peine que les écoutes du voisinage viennent interférer avec celles de l'utilisateur.

Quels en sont les avantages ?

Depuis de nombreuses années, les stations d'accueil offrent la possibilité de transformer un iPod, un iPhone, voire un iPad en chaîne d'appoint. Cependant, cette utilisation implique que le baladeur soit physiquement enfiché dans l'appareil. Certes, certains liens sans fil comme Bluetooth permettent déjà de ne pas avoir à relier les deux appareils. Mais il s'agit toujours d'une liaison « point à point », autrement dit le baladeur ne peut diffuser ses contenus que sur une enceinte unique. De plus, comme la portée de Bluetooth n'excède pas une dizaine de mètres, il n'est pas toujours possible, par exemple, de se promener dans la maison avec son iPhone en poche en conservant une diffusion de la musique sur l'enceinte. AirPlay, notamment grâce à sa portée beaucoup plus importante, autorise une « multidiffusion » : plusieurs enceintes peuvent passer le même programme musical pour sonoriser en bloc l'ensemble des pièces (« multiroom »). Inversement, il est possible de scinder le flux AirPlay pour diffuser un programme spécifique dans chaque pièce. Des fonctionnalités qui sont essentiellement liées au fait qu'AirPlay s'appuie sur le réseau Wi-Fi domestique.

Est-il compatible avec tous les appareils ?

Pour que les systèmes de diffusion puissent mettre à profit le réseau AirPlay, il faut bien sûr que ceux-ci aient été configurés pour cet usage. Autrement dit, qu'ils possèdent un dispositif de réception sans fil de type Wi-Fi et qu'ils sachent gérer le protocole d'identification de l'appareil au sein du réseau AirPlay. Cela nécessite souvent une phase de configuration assez simple à mettre en œuvre mais qui peut paraître fastidieuse. Néanmoins, cette initialisation ne doit se faire qu'à la première mise en route de l'appareil. Côté sources, quelques limitations existent également. En effet, seules les versions les plus récentes d'iPhone (3G, 3GS, 4, etc.) et d'iPod (3 ou 4) peuvent gérer AirPort. Quant aux iPad, ils doivent au moins disposer de la version iOS4.3 du système d'exploitation Apple. Pour les ordinateurs, en revanche, il n'est pas indispensable de posséder un Mac. Les PC aussi peuvent accéder à AirPlay s'ils sont équipés d'une version PC récente d'iTunes.

Enfin, comme AirPlay s'appuie sur la borne Wi-Fi domestique, voire celle intégrée dans la box d'accès à Internet, celle-ci devra également être compatible. C'est notamment le cas de la dernière FreeBox après mise à jour. En cas contraire, il faudra acquérir une borne AirPort Express d'Apple.

APPLE

Clé de voûte du système : le routeur Wi-Fi, ou mieux, une borne AirPort Express.

La qualité sonore est-elle bonne ?

BANG & OLUFSEN

Le protocole AirPlay dispose d'un débit élevé, très supérieur à celui qu'exige une transmission sonore. Mais plus que la transmission elle-même, ce sont les deux maillons qui l'encadrent – la station d'écoute et la source – qui vont conditionner la qualité audio. Pour la station d'écoute AirPlay, la taille des haut-parleurs, la puissance de l'amplificateur intégré, sa structure et ses caractéristiques générales ont un impact considérable. Côté source, c'est-à-dire au niveau de l'iPod par exemple, la qualité des fichiers musicaux stockés est capitale. En MP3, entre autres, une compression excessive vient altérer la pureté du message sonore, notamment en dégradant les aigus. Même s'ils prennent plus de place dans la mémoire du baladeur, ou du téléphone, l'idéal est de stocker les musiques sous des formats dits Loss Less, n'induisant aucune perte, tels que l'AAC ou le FLAC.

Un chef d'orchestre pour le réseau

Le système AirPlay se base sur le réseau Wi-Fi de l'habitation. Certaines box, compatibles, le gèrent directement. Il en va de même de certains routeurs. Si le réseau domestique ne dispose pas d'un tel élément, Apple propose Airport Express, « chef d'orchestre » du réseau.

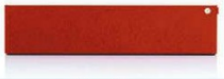
SYLVIE LAROULDAL

14 stations AirPlay au banc d'essai

	Sony	Sony	Philips	Logitech	Sony	JBL	Pioneer
Modèle	SA-NS310	SA-NS410	DS3800W	UE Air Speaker	SA-NS510	JBL On Air Wireless	X-SMC5
Prix indicatif	150 €	250 €	279 €	349 €	350 €	379 €	399 €
Structure	Monobloc	Monobloc, caisson de grave intégré	Monobloc	Monobloc	Monobloc, caisson de grave intégré	Monobloc	Monobloc
Puissance	10 W	30 W	16 W	Non Précisé	Non Précisé	2 x 7 W	2 x 20 W
Connectique	1 entrée ligne (pour tout baladeur), 1 Ethernet 10/100 Mo	1 entrée ligne (pour tout baladeur), 1 Ethernet 10/100 Mo	1 entrée ligne (pour tout baladeur)	Câble Apple Dock, 1 Ethernet, 1 entrée ligne (tout baladeur)	1 entrée ligne (tout baladeur), 1 Ethernet 10/100 Mo	Connecteur iPod/iPhone, 1 connecteur USB (mises à jour)	Connecteur iPod/i-Phone, 1 connecteur USB, 1 entrée ligne (tout baladeur), 1 Ethernet 10/100 Mo, sortie vidéo HD sur HDMI
Dimensions	162 × 162 × 136 mm	240 × 273 × 185 mm	197 × 114 × 178 mm	506 × 152 × 140 mm	241 × 325 × × 241 mm	238 × 280 × 198 mm	520 × 218 × 156 mm
Poids	1,1 kg	3,8 kg	1,3 kg	2,8 kg	4,2 kg	1,69 kg	3,7 g
Les plus	Faible encombrement, compatibilité DLNA	Haut-parleur de renfort du grave, compatibilité DLNA	Faible encombrement, design original	Configuration simple, design	Haut-parleur de renfort du grave, compatibilité DLNA	Radio FM, double alarme	Lecteur DVD intégré, bluetooth, DLNA
NOTRE AVIS	Cette petite enceinte se fait oublier et propose une diffusion des musiques dans l'ensemble des pièces. Par ailleurs, sa compatibilité DLNA lui donne accès aux contenus stockés sur des ordinateurs ne disposant pas d'AirPlay.	Une version plus « musclée » que la précédente, mais aux fonctionnalités identiques. Elle s'adressera donc aux pièces les plus vastes, comme le salon, tandis que la SA-NS310 se cantonnera à la chambre ou à la salle de bains.	Une enceinte AirPlay aux fonctionnalités proches de celles d'une station d'accueil iPod/iPhone conventionnelle. Le système AirPlay lui offre essentiellement une grande liberté d'utilisation.	Logitech mise sur une bonne qualité de restitution associée à un design élégant. Le câble iPod/iPhone offre aussi la possibilité de recharger le baladeur, comme sur une station d'accueil conventionnelle.	La disposition des haut-parleurs au sein de cette enceinte lui offre une diffusion à 360°. Cette particularité garantit une sensation d'espace sonore large à l'écoute.	JBL reprend ici les éléments qui ont fait le succès de ses stations d'accueil. La On Air Wireless est plus une station d'accueil capable, en plus, de gérer le mode AirPlay qu'une simple enceinte AirPlay. Le petit écran couleur est appréciable en l'absence de baladeur sur le connecteur.	Pioneer propose ici un système multimédia complet. Outre la gestion d'AirPlay, il intègre un lecteur de DVD. Il suffit de le connecter en HDMI à un téléviseur pour bénéficier d'une restitution en vidéo HD des DVD comme des contenus de l'iPod ou de l'iPhone.

SCIENCES AVENIR

Nous avons sélectionné et testé ces appareils. Voici nos commentaires.



	Philips	Bowers & Wilkins	Bang & Olufsen	Libratone	Loewe	Philips	Libratone
Modèle	DS8800W	Zeppelin Air	Beolit 12	Libratone Live	AirSpeaker	DS9800W	Libratone Lounge
Prix indicatif	399 €	599 €	699 €	699 €	750 €	799 €	1199 €
Structure	Monobloc, caisson de grave intégré	Monobloc, caisson de grave intégré	Monobloc, caisson de grave intégré	Monobloc, caisson de grave intégré	Monobloc, caisson de grave intégré	Enceintes séparées	Monobloc, caisson de grave intégré
Puissance	30 W	4 × 25 W + 50 W renfort basse	2 × 30 W + 60 W renfort basse	1 × 25 W + 50 W renfort basse	4 × 20W (dont 2 × 20 W dédiés au grave)	2 × 50 W	1 × 25 W + 50 W renfort basse
Connectique	1 entrée ligne (pour tout baladeur), 1 USB (pour recharge baladeur)	Connecteur iPod/iPhone, 1 connecteur USB (ordinateur), 1 entrée ligne (tout baladeur), 1 Ethernet 10/100 Mo, sortie vidéo	1 connecteur USB iPod/iPhone/ iPad, 1 entrée ligne (pour tout baladeur), 1 Ethernet 10/100 Mo Connexion USB pour chargement	1 entrée ligne (pour tout baladeur), 1 entrée numérique optique	1 connecteur USB (ordinateur), 1 entrée ligne (pour tout baladeur), 1 Ethernet 10/100 Mo	1 entrée ligne (pour tout baladeur), Station iPod/iPhone fournie	1 entrée ligne (pour tout baladeur), 1 entrée numérique optique
Dimensions	455 × 150 × 165 mm	170 × 640 × 210 mm	230 × 150 ×188 mm	470 × 195 × 150 mm	240 × 130 × 240 mm	Diamètre 130 mm	220 × 100 × 120 mm
Poids	2,5 kg	6,2 kg	2,8 kg	6,5 kg	3,7 kg	6,5 kg	12 kg
Les plus	Qualité de la restitution, application Web radio fournie	Qualité de la restitution, design	Design, batterie	Finesse de l'aigu, équilibre de la restitution	Qualité de la restitution, design élégant et sobre	Enceintes séparées, design	Entrée optique, qualité de la restitution
NOTRE AVIS	Cette enceinte bénéficie des études acoustiques de la gamme Fidelio de la marque. Elle offre ainsi une qualité d'écoute de haut niveau, même si sa puissance relativement modeste la destine plus à une chambre qu'à un salon.	La réputation du Zeppelin n'est plus à faire. Il compte parmi les références en matière de station d'accueil. Le Zeppelin Air reprend strictement les mêmes bases que la version standard en se dotant d'un transmetteur Wi-Fi compatible AirPlay.	Bang & Olufsen n'en est pas à son coup d'essai en termes d'équipements nomades. Le BeoPlay met le savoir faire de la marque au service d'AirPlay à un prix relativement contenu.	Cette enceinte dispose de tweeters à ruban pour restituer de l'aigu, ce qui offre à l'écoute beaucoup de limpidité. De plus, sa structure trois voies, basée sur des haut-parleurs de grande qualité, garantit un excellent équilibre tonal.	Loewe a offert à son enceinte un design monolithique. En dépit de ses dimensions réduites, cette enceinte dispose d'une excellente assise dans le grave. Particulièrement discrète, elle sait se faire oublier tout en diffusant un message sonore d'excellente qualité.	Un comportement qui est proche de celui d'une chaîne hi-fi. Les tweeters, placés au-dessus des enceintes, offrent à l'aigu beaucoup de détail. Par ailleurs, sa puissance généreuse ouvre ce système à une utilisation comme chaîne d'appoint capable d'offrir une véritable écoute stéréo.	Avec le Lounge, Libratone ajoute à son enceinte la possibilité d'être utilisée comme système de restitution du son du téléviseur. En plus de sa fonction AirPlay, le Lounge fait ainsi office de « barre de son » de haute qualité.

C'EST DÉJÀ DEMAIN

ROBOT DES CHAMPS

L'Automower que présente Husqvarna est un robot tondeuse plus respectueux de l'environnement que les autres. Une batterie alimentée par le panneau solaire situé sur le capot complète la charge du moteur électrique. Ainsi, par une belle journée d'été, le robot double son autonomie et peut traiter une surface de 2200 m².
2869 €

CLAVIER SPÉCIAL TABLETTES

Le clavier virtuel des tablettes n'offre qu'un piètre confort de frappe. Microsoft Hardware propose le Mobile Keyboard 5000, un clavier Bluetooth ergonomique, spécifiquement destiné aux tablettes.
Son design *slim* et son poids plume sont appréciables en usage nomade.
49,90 €

SMARTPHONE « SMARTCINÉMA »

Les smartphones gèrent les photos ou les vidéos. Cependant, leur écran reste trop étriqué pour en profiter pleinement. Aussi le Galaxy Beam, que proposera bientôt Samsung, est-il équipé d'un micro vidéoprojecteur capable d'offrir un écran de 1,20 m de diagonale. C'est l'« outil » adéquat pour commenter entre amis les séquences tournées quelques heures auparavant.
Prix non encore déterminé

Le Soleil s'éclipse

Où sont les planètes ?

Mercure est difficilement visible à l'aube les deux ou trois premiers matins du mois, puis l'inclinaison de l'écliptique et la diminution de son élongation solaire condamnent toute observation en Europe. Mercure est en conjonction supérieure le 27.

Vénus chute vers le Soleil à une vitesse vertigineuse. Elle perd plus de 30° dans le mois, soit pratiquement 1° par soir (l'épaisseur de votre petit doigt bras tendu). Du coup, elle se couche trois heures et quarante-cinq minutes après le Soleil le 1er et seulement quarante-cinq minutes après le 31. Son croissant s'affine à l'extrême puisque sa fraction éclairée n'est plus que de 1 % le 31. Dans le même temps, son diamètre apparent atteint pratiquement une minute d'arc et son observation aux jumelles devient très spectaculaire.

Une éclipse annulaire de Soleil.

Mars est visible le soir dans le Lion à plus de 50° de hauteur au-dessus de l'horizon sud-ouest à la fin du crépuscule en début de mois et à 30° au-dessus de l'horizon ouest-sud-ouest le 31. Son éclat diminue, tout comme son diamètre apparent, et son observation est de plus en plus délicate dans les petits instruments.

Jupiter est inobservable. Elle est en conjonction supérieure avec le Soleil le 13 et elle se camoufle ensuite dans les lueurs de l'aube jusqu'à la fin du mois.

Saturne est toujours magnifiquement placée pour l'observation. Cherchez-la en début de nuit, à plus de 30° de hauteur au-dessus de l'horizon sud-est le 1er et de l'horizon sud-ouest le 31. Un petit instrument et un grossissement d'une trentaine de fois suffisent pour distinguer les anneaux de Saturne, ainsi que Titan, son satellite principal.

Phénomènes à noter

Une éclipse annulaire aura lieu le 20 mai, visible du sud de la Chine à l'ouest des Etats-Unis en passant par le Japon. Durée : six minutes au maximum. Elle est due à l'alignement parfait dans l'espace du Soleil, de la nouvelle Lune et de la Terre, mais notre satellite se situe un peu trop loin sur son orbite et son diamètre apparent n'est pas suffisant pour occulter intégralement le Soleil, si bien qu'il reste un anneau de lumière autour du disque noir de Séléné.

Où se trouve l'ISS ?

La Station spatiale internationale est visible à l'œil nu en fin de nuit après le 20 en France métropolitaine. Pour obtenir des horaires de passages précis pour n'importe quel point d'observation, consultez ce site :

www.leguideduciel.net/on2012/

ZOOM

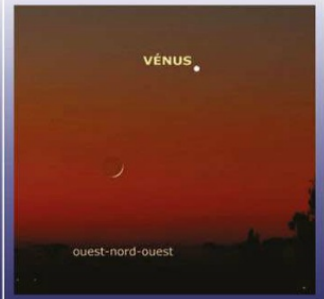
LA PLUS GROSSE PLEINE LUNE DE 2012

Le 6 mai à l'aube, le disque lunaire s'approche de l'horizon ouest-sud-ouest. Notre satellite passe au point le plus proche de son orbite autour de la Terre quelques minutes avant sa plénitude. Son diamètre apparent est proche de 33,5 minutes d'arc et, en glissant vers l'horizon, il nous donne l'impression d'être vraiment énorme.

A OBSERVER

Le 4, deux heures après le coucher du Soleil

Saturne et la Lune bientôt pleine sont installées au-dessus de l'horizon sud-sud-est et elles traversent la voûte céleste côte à côte jusqu'à l'aube.



Le 22, une heure après le coucher du Soleil

Cherchez les croissants de la Lune et de Vénus juste au-dessus de l'horizon ouest-nord-ouest ; il faut au minimum des jumelles pour voir l'arc vénusien.

Le 28, une heure et demie après le coucher du Soleil

Le premier quartier lunaire rend une lointaine visite à la planète Mars, à plus de 9°. Les deux astres sont visibles au-dessus de l'horizon sud-ouest.

Carte du ciel visible à la mi-mai vers 23 h 30 (heure légale d'été)

LA LUNE

Pleine Lune le 6 à 5 h (la Lune se trouve dans la constellation de la Balance)

Dernier quartier le 12 à 23 h (Capricorne)

Nouvelle Lune le 21 à 1 h (Taureau)

Premier quartier le 28 à 22 h (Sextant)

A Paris, le Soleil se lève à 6 h 29 le 1er mai et à 5 h 52 le 31 ; il se couche à 21 h 06 le 1er et à 21 h 45 le 31.

COMMENT UTILISER CETTE CARTE

Faites tourner votre magazine sur lui-même, de façon que le nom de la direction dans laquelle vous observez soit écrit à l'endroit. Les constellations et les étoiles que vous retrouverez dans le ciel qui vous fait face sont toutes celles dont le nom est lisible sans trop pencher la tête. La position des planètes visibles à l'œil nu est indiquée pour le 15 du mois.

D'OÙ VOIR LE CIEL

Notre carte, tracée pour une latitude de 45° nord, montre le ciel visible en France métropolitaine, et plus largement en Europe et dans le monde, à l'intérieur d'une bande s'étendant de 38 à 52° de latitude nord. L'étoile Polaire sera plus haute dans le ciel si vous êtes à plus de 45° nord, et plus basse dans le cas contraire.

Tous les instants de cette rubrique sont exprimés en heure légale d'été (temps universel + 2 h).

EXPOSITION PARIS

Un chef-d'œuvre roman éparpillé « façon puzzle »

Un voyage dans le temps pour redécouvrir la magistrale abbatiale de Cluny et le portail de son avant-nef, dont ne subsistent que quelques vestiges.

Pendant quatre siècles, jusqu'à la consécration de Saint-Pierre de Rome, Cluny fut la plus vaste église de la chrétienté. Puis vint la Révolution. On chassa d'abord les moines. La toiture fut démontée pour en récupérer le plomb. L'église commença à prendre l'eau. Elle fut finalement vendue pour ses pierres et disparut du paysage comme des mémoires. Car au sujet du bâtiment, on n'avait que très peu écrit. Encore moins dessiné. C'est l'amer constat que fit un archéologue américain, Kenneth Conant, dans les années 1920. Parti à la recherche de vestiges, il donna son premier coup de pioche là où se trouvait jadis le portail. Celui-ci avait été démoli à l'explosif. Il s'agissait pourtant d'un chef-d'œuvre roman dont l'aspect exact nous échappe encore. C'est à Kenneth Conant que l'on doit la majeure partie des pièces présentées au musée de Cluny à Paris (et qui partiront en Bourgogne au musée d'Art et d'Archéologie de Cluny dans trois mois). Car ses fouilles ne furent complétées que par une seconde mission archéologique, dans les années 1980. Les pièces retrouvées sont au nombre de 200. Des fragments aussi rares qu'émouvants, minutieusement disposés sur un châssis représentant le portail à l'échelle 1. L'exposition n'occupe que trois salles : inutile de la parcourir en flânant. Il faut faire l'effort de se plonger dans cette histoire, accessible à tous, grâce aux explications, nombreuses, et à un jeu pour les enfants. En prenant ainsi son temps au milieu des vestiges, on se laisse littéralement emporter dans une extraordinaire histoire d'art et d'archéologie.

Mathieu Nowak

Le tympan du portail reconstitué dans le film « Maior Ecclesia » projeté dans l'exposition. En beige, les fragments subsistant comme la tête d'ange (en haut à gauche) et l'aigle (en haut à droite). Au-dessus de l'aigle, clé de voûte de l'avant-nef.

Cluny, 1120. Au seuil de la Major Ecclesia, jusqu'au 2 juillet. Musée de Cluny - Musée national du Moyen Age, 6, place Paul-Painlevé. Rens. 01.53.73.78.16.

ARTS ET MÉTIERS PARISTECH-CLUNY MUSÉE D'ART ET D'ARCHÉOLOGIE, CLUNY I RMN (MUSÉE DU LOUVRE) I HERVÉ LEWANDOWSKI

EXPOSITIONS

PARIS

La « Sainte Anne », l'ultime chef-d'œuvre de Léonard de Vinci

La Vierge à l'enfant avec sainte Anne de Léonard de Vinci, dont *S. et A.* vous dévoilait en exclusivité la restauration *(lire n° 781, mars 2012)* est désormais visible au Louvre aux côtés d'autres tableaux de l'artiste ainsi que de représentations du même sujet.
Musée du Louvre, jusqu'au 25 juin. Rens. : 01.40.20.53.17.

Monumenta 2012 : Daniel Buren

Comme à son habitude, Daniel Buren joue avec les dimensions et les perspectives cachées. Titre de l'œuvre réalisée pour investir la nef du Grand Palais : « Excentrique ».
Grand Palais, avenue Winston-Churchill, du 10 mai au 21 juin. Rens. : www.monumenta.com

Toutankhamon, son tombeau, ses trésors

Une grande production itinérante qui fait escale à Paris après avoir été vue dans une dizaine de villes européennes. Son sujet : le tombeau de Toutankhamon et les 1000 objets funéraires qui y furent déposés. Pas de pièces originales, il s'agit de reproductions, mais celles-ci ont le mérite d'avoir été réalisées par des artistes égyptiens.
Paris-Expo, porte de Versailles, pavillon 8, du 12 mai au 1er septembre. Rens. : www.toutankhamon-expo.fr/

Jean-Henri Fabre

Cette exposition sur le grand naturaliste présente ses travaux, ses aquarelles, ses photos aux côtés de spécimens qu'il a observés.
Cabinet d'histoire du Jardin des Plantes, 57, rue Cuvier, du 9 mai au 30 juillet. Rens. : 01.40.79.56.01.

BORDEAUX

Inventaire de la biodiversité

Des photographies de la région Madagascar-Mozambique issues de l'exposition du Muséum national d'histoire naturelle « Inventaires sans frontières », complétées par une sélection de spécimens naturalisés conservés à Bordeaux.
Maison Ecocitoyenne, quai Richelieu, jusqu'au 30 juin. Rens. : 05.56.48.29.86.

CAEN

Vestiges du château de Caen

Depuis une cinquantaine d'années, des fouilles sont menées dans l'enceinte du château de Caen. Les objets remontés au jour, vestiges de près d'un millénaire d'occupation du site, ont été restaurés. Objets nobles ou objets du quotidien, tous sont présentés dans cette exposition.
Musée de Normandie, le Château, du 2 mai au 31 août. Rens. : 02.31.30.47.60.

CONCARNEAU

Poisson, quel est ton nom ?

Une exposition pour apprendre les noms des poissons les plus communément pêchés et consommés en France : une trentaine de spécimens naturalisés sont accompagnés de schémas détaillant leurs caractéristiques.
Marinarium, place de la Croix, jusqu'au 3 janvier 2013. Rens. : http://concarneau.mnhn.fr

GANNAT (ALLIER)

Sur les traces des dinosaures polaires

Sept cents mètres carrés voués aux dinosaures ayant vécu en Arctique. L'accent est mis sur le froid et la façon dont la faune et la flore s'y sont adaptées.
Paléopolis, Chazoux, route de Bègues, jusqu'au 31 août. Rens. : 04.70.90.16.00.

ISSOIRE (PUY-DE-DÔME)

Des plantes et des hommes

Quelle place les plantes occupent-elles dans les sociétés humaines ? De l'alimentation aux textiles, en passant par la médecine ou l'art, cette exposition veut donner un aperçu des usages imaginés par l'homme aux 40 000 espèces végétales qu'il a employées.
Tour de l'Horloge, 4, rue du Ponteil, jusqu'au 25 novembre. Rens. : 04.73.89.07.70.

RENNES

Vous avez dit chimie ?

Une découverte de l'univers de la chimie accessible à partir de 8 ans. 25 manipulations et expériences le long d'un parcours en trois parties : les briques élémentaires de la matière ; les transformations chimiques ; la chimie aujourd'hui.
Espace des sciences, 10, cours des Alliés, jusqu'au 2 septembre. Rens. : 02.23.40.66.00.

TOURS

Volcans, la vie de la Terre

Manipulations, maquettes, panneaux : une découverte ludique des grands mécanismes des profondeurs de la Terre, du noyau à la tectonique des plaques et aux explosions stromboliennes.
Muséum d'Histoire naturelle, 3, rue du Président-Merville, jusqu'au 27 janvier 2013. Rens. : museum@ville-tours.fr

GENÈVE

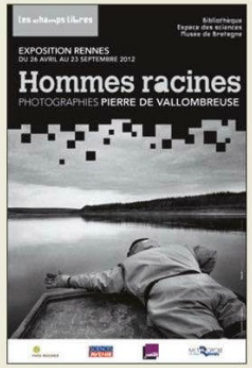
Ensemble contre la malaria

Le paludisme : son origine, son éradication, les perspectives de lutte contre ce fléau qui touche 200 millions de personnes.
Muséum d'histoire naturelle, 1, route de Malagnou, du 15 mai au 9 septembre. Rens. : +41(0).22.418.63.00.

Exposition RENNES

Hommage aux « enracinés » de la Terre

Soutenu par « Sciences et Avenir », le projet de Pierre de Vallombreuse « Hommes racines » autour des identités autochtones trouve enfin son accomplissement : une exposition de 180 photos en noir et blanc vient clore cinq ans de cheminement auprès de 11 peuples parfois menacés de disparition *(voir* S. et A. *n° 753, novembre 2009 sur les nomades Rabari du Gujarat).* L'auteur de ces images engagées a été inlassablement animé par le désir de témoigner en faveur de la diversité culturelle et du droit des peuples premiers à vivre selon leurs coutumes ancestrales. Dans ce travail où la rigueur égale la sensibilité, la photo est cri d'alerte pour des modes de vie encore intimement « enracinés » à la terre. **A. De B.**
***Hommes racines,* photographies de Pierre de Vallombreuse, *Les Champs libres,* 10, cours des Alliés, jusqu'au 23 septembre 2012. Rens. : www.hommes-racines.fr/**



CONFÉRENCES

BORDEAUX

Séance publique de l'Académie des sciences

Conférences de trois académiciens : Didier Roux, directeur de la recherche et de l'innovation de Saint-Gobain, parlera de l'habitat du futur ; Daniel Choquet, directeur de l'institut interdisciplinaire en neurosciences, évoquera l'imagerie du cerveau à l'échelle nanométrique ; Michel Haïssaguerre, chef du service de cardiologie du CHU de Bordeaux, traitera de la prévention de la mort subite en cardiologie.
Enseirb-Matmeca, Talence, 1, avenue du Docteur-Albert-Schweitzer, grand amphithéâtre, le 15 mai de 14 h 30 à 17 h. Rens. : www.academie-sciences.fr/activite/conf.htm

BREST

En direct des grands fonds

Par Jozée Sarrazin, de l'unité de recherche Etude des écosystèmes profonds à l'Ifremer.
Océanopolis, auditorium Marion-Dufresne, port de plaisance du Moulin-Blanc, le 15 mai à 20 h 30. Rens. : 02.98.34.40.40.

PARIS

Les bêtes et nous

Cycle de conférences consacré au savoir sur l'animal et à la remise en cause permanente du « propre de l'homme », avec la participation, entre autres, du neurobiologiste Georges Chapouthier, de la préhistorienne Marylène Patou-Mathis ou de l'anthropologue Philippe Descola.
Cité des sciences et de l'industrie, 30, avenue Corentin-Cariou, les mercredis du 2 mai au 6 juin à 18 h 30. Rens. : http://urls.fr/lesbetesetnous

L'énergie au futur : dimensions maritimes

Par Jean-François Minster, directeur scientifique de Total, ancien P-DG de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer).
Institut géographique de Paris, grand amphithéâtre, 195, rue Saint-Jacques, le 9 mai à 19 h 30. Rens. : 01.44.32.10.70.

La fin de la faim en 2050 ?

Quelques-unes des questions abordées dans ce colloque international ouvert au grand public : comment prévenir les crises alimentaires ? Combien serons-nous en 2050 ? Quelles sont les limites environnementales ? Des experts interviendront, mais aussi des étudiants qui travaillent depuis plusieurs mois sur ces problématiques.
Cité des sciences et de l'industrie, 30, avenue Corentin-Cariou, les 11 et 12 mai à 9 h 30. Rens. : http://urls.fr/lafindelafaim

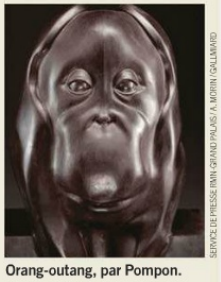
Le défi du changement climatique

Par Séraphine Haeussling, membre de l'unité de coordination sur le changement climatique au sein du Programme des Nations unies pour l'environnement.
Dorothy's Gallery, 27, rue Keller, le 15 mai à 19 h. Rens. : 01.43.57.08.51.

Exposition PARIS

L'artiste, premier naturaliste

Il n'y a pas très longtemps que l'animal est un objet de science. C'est en effet à la Renaissance qu'artistes et naturalistes mettent l'exactitude au premier rang de leurs soucis lorsqu'ils représentent des animaux, s'intéressant à l'anatomie et même au mouvement. A cette époque, les explorateurs rapportent des spécimens inconnus jusqu'alors en Europe. Les œuvres deviennent ainsi des témoignages précieux sur les animaux visibles dans la nature ou les ménageries (puis les zoos). Au milieu du XIXe siècle, les animaux gagnent une âme, lorsque la société admet qu'ils sont à même de ressentir la souffrance. Ces grandes époques de découvertes de l'animal se terminent brutalement par la prise de conscience de leur fragilité, épilogue de l'exposition « Beauté animale », consacrée à la représentation de l'animal dans l'art occidental. **M. N. Beauté animale, Grand Palais, place Clemenceau, jusqu'au 16 juillet. Rens. : www.rmn.fr/beaute-animale**



Orang-outang, par Pompon.

© RMN (MUSÉE D'ORSAY) / PATRICE SCHMIDT

ET AUSSI...

Fête de la nature

Sur le thème « Drôles d'oiseaux », la fête de la nature proposera partout en France des observations, des écoutes de chants ou encore des ateliers de fabrication de nichoirs (avec pour objectif d'en installer 10 000 avant juin).
Du 9 au 13 mai. Rens. : www.fetedelanature.com

PARIS

Ptérodactyles 3D

Il y a environ 220 millions d'années, alors que les dinosaures régnaient sur Terre, des reptiles volants peuplaient le ciel. Ce film en 3D de 40 minutes alterne prises de vue et animations de ptérosaures modélisés. Pédagogique, avec la participation de scientifiques, mais un peu confus avec ce mélange de réel et de virtuel.
La Géode, 26, avenue Corentin-Cariou. Rens. : www.lageode.fr

■ *Le buzz du mois*

Joyeux méli-mélo

C'est un ovni dans le paysage éditorial du moment classé depuis plusieurs semaines dans les meilleures ventes. Ni livre de sciences, ni de littérature, ni roman, ni document, et pourtant ce petit ouvrage est parsemé de clins d'œil à Einstein et Proust, Champollion et Baudelaire. Sans doute pour la première fois se trouvent rassemblés le marquis de Sade et Claude Lévi-Strauss. A travers leurs anagrammes – exercice qui consiste à mélanger les lettres d'un mot pour en former un nouveau –, le physicien Etienne Klein – habitué de nos pages – et le pianiste et compositeur Jacques Perry-Salkow suscitent en quelques mots étonnement et émerveillement : lorsque, par exemple, *« la vitesse de la lumière »* devient *« limite les rêves au-delà »* ou encore l'*« énergie noire »* la *« reine ignorée »*. Et n'est-ce pas cet *« accélérateur de particules »* qui *« éclipsera l'éclat du créateur »* ? Parfois c'est un sourire entendu : *« les feux de l'amour »* ne sont-ils pas ce *« drame sexuel fou »* ? Et aussi vrai que les *« tripes »* ne sont pas sans *« esprit »*, cet éclairage inattendu d'un mot vient bouleverser – de manière salutaire – la pensée formatée du quotidien.

Azar Khalatbari

Anagrammes renversantes, Etienne Klein et Jacques Perry-Salkow, Flammarion, 112 p., 10 €

Le feu sous les planches

Une bande dessinée très documentée pour mieux saisir l'impact du réchauffement climatique sur nos vies.

Eté 2006. Philippe Squarzoni, auteur de bande dessinée, met la dernière touche à son nouvel album, *Dol*. En conclusion, il souhaite aborder le bilan écologique des gouvernements Raffarin et Villepin. A l'époque, il ne connaît rien aux questions environnementales, avoue s'y intéresser moyennement. Il se documente un peu, bute sur des termes qui lui échappent, *« réchauffement climatique »*, *« réduction des gaz à effet de serre »* et ne s'en satisfait pas, se rendant compte qu'il ignore ce qui se cache derrière ces mots. Poursuivant sa recherche, il voit s'ouvrir devant lui une boîte de Pandore qu'il mettra six années à inventorier de fond en comble.

Comment parler du réchauffement climatique ? Depuis quelques années, livres, articles, documentaires se sont multipliés sur la question. Complexe, touffu, le sujet est structuré en ramifications qui innervent profondément nos sociétés. Transports, énergie, habitat, consommation, gestion des matières premières, modes de gouvernance, tous ces domaines sont concernés et s'interpénètrent. Parler de notre futur climatique nécessite de tous les aborder. La tâche n'est pas mince.

Impressionnante par son ambition, cette bande dessinée de près de 500 pages y parvient cependant. Elle compile la majeure partie des informations essentielles sur la question et convoque de grands spécialistes. Hervé Le Treut et Jean Jouzel, climatologues, et aussi des économistes, physiciens nucléaires ou spécialistes en gestion de l'environnement. Heureusement, *Saison brune* n'est pas une simple mise en images des données du Giec (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) ! Sa force et sa pertinence, l'ouvrage les tire du fait qu'il n'est pas l'œuvre d'un spécialiste mais d'un simple citoyen. Naïf sur la question, il prend conscience un beau matin de la sombre réalité d'un futur imminent. Toute la vie de l'auteur s'en trouve chamboulée. Surgissent alors des interrogations sur le temps qui passe, sur la façon de gérer sa vie – est-il moral de prendre l'avion pour se rendre à un festival de bande dessinée ? Serais-je prêt à ne pas acheter une nouvelle télévision grand écran ou une nouvelle voiture, à ne plus consommer de viande rouge ? Autant de questions personnelles qui impliquent le lecteur et le renvoient à sa propre existence. Servi par un trait sobre et précis en noir et blanc empruntant parfois aux images d'actualité et aux publicités de notre quotidien, l'auteur nous plonge dans un monde que nous connaissons bien, le nôtre. Mais il sait prendre une hauteur et une ampleur que certains auraient pu penser difficile à atteindre de la part d'une bande dessinée, cet art souvent décrié car jugé mineur ou réservé à la jeunesse. Plus digeste qu'un livre, plus didactique qu'un film, si vous ne devez lire qu'un document de vulgarisation sur le réchauffement climatique, c'est celui-là.

Hervé Ratel

Saison brune, Philippe Squarzoni, Delcourt, 480 p., 28€

■ *Le beau livre*

Aventures dans le Caucase

Ce fut une véritable chasse au trésor. Trouver l'accès des archives enfouies et éparpillées du géologue Pierre Bonnet, puis partir sur ses traces en Transcaucasie, a été le défi aventureux des deux géographes auteurs de ce livre exceptionnel. Où l'on découvre les merveilles photographiques conservées jusque-là à la bibliothèque Nubar, à Paris, les croquis de terrain et les cartes et, surtout, le contenu scientifique, historique et ethnographique des carnets de voyage de ce savant explorateur. Pionnier de la recherche dans une région très inaccessible, Bonnet voyagea avec sa femme d'origine arménienne, géologue elle aussi, entreprenant cinq expéditions épiques entre 1909 et 1914, avant d'être bloqué par la guerre et l'avènement des Soviets. Un témoignage culturel inédit révélé par un projet éditorial d'une rare valeur.

Andreina De Bei

Arménie russe. Pierre Bonnet, un géologue français en Transcaucasie. Aventures scientifiques à l'époque des tsars 1909-1914, Françoise Ardiller-Carras et Olivier Balabanian, avec le concours de Raymond H. Kévorkian, Les Ardents Editeurs, 240 p., 42 €

PIERRE BONNET, BIBLIOTHÈQUE NUBAR, PARIS

Les deux filles d'un notable, à Aznaburt, au Nakhitchevan, en 1911.

L'Agriculture biologique pour nourrir l'humanité, Jacques Caplat, préfacé par Claude Aubert, Actes Sud, 474 p., 24 €

Famine au Sud, malbouffe au Nord, comment le bio peut nous sauver, Marc Dufumier, éditions Nil, 193 p., 18,25 €

Agronomie

L'avenir appartient au bio

Un caprice de « bobo », le bio ? Il faut prendre le temps de lire le livre paisible de l'agronome Jacques Caplat, auteur de plusieurs rapports sur les politiques de développement de l'agriculture biologique en Europe. Selon sa démonstration, nourrie d'études scientifiques – notamment sur le rendement et les alternatives aux pesticides –, ce mode de production est le mieux placé pour nourrir raisonnablement une planète de 9 à 12 milliards d'habitants.

Son livre fait écho à celui de l'agronome Marc Dufumier, qui a observé en France et dans le reste du monde le bon fonctionnement des systèmes agro-écologiques. Dans *Famine au Sud, malbouffe au Nord, comment le bio peut nous sauver*, il détaille les dysfonctionnements des systèmes « productivistes ». Famines (politiques), « malbouffe », dégâts environnementaux, désertification des campagnes… De la lecture de ces deux auteurs, il ressort que la croyance selon laquelle l'agriculture « moderne et chimique » serait la seule capable de nourrir la planète et de rémunérer correctement les paysans ne résiste pas à l'épreuve du terrain. Même si beaucoup de recherche demeure nécessaire, l'agriculture « productiviste » est pour le paysan comme pour le consommateur un choix chaque jour plus risqué, tandis que la conversion à l'agro-écologie devient chaque jour plus raisonnable.

Rachel Mulot

Philosophie

Le Sel de la vie

Françoise Héritier, Odile Jacob, 91 p., 6,90 €

Dans un registre inattendu, Françoise Héritier, anthropologue au Collège de France, conte ici ce qui fait le sel de la vie. Sa liste suit la méthode des surréalistes : *« associations d'idées et laisser venir à soi »*. On passe de la grâce de l'actrice américaine Audrey Hepburn au fondant du caramel salé, d'une tétanie devant Claude Lévi-Strauss à la jubilation de répéter les jurons de sa grand-mère ou de moucher un phallocrate. Sensualité, gourmandise, frissons, renoncements, petites victoires et facéties… On sourit, on s'émeut et on en sort revigoré(e). **R. M.**

Histoire des techniques

Sur la route du papier, petit précis de mondialisation III

Erik Orsenna, Stock, 311 p., 21,50€

Après *L'Avenir de l'eau* et le *Voyage au pays du coton*, Erik Orsenna nous entraîne cette fois *Sur la route du papier*. Une enquête qui a conduit l'auteur de la Chine des confins du désert du Taklamakan où les papiers les plus anciens ont été retrouvés, aux forêts canadiennes, en passant par la Russie, le Japon, le Brésil, l'Italie ou la France. Histoire, économie, technologies, usages, vous saurez tout sur l'expansion du papier de la plus haute Antiquité à nos jours. **B. A.**

Le coin de l'insolite

Les équations sans paniquer

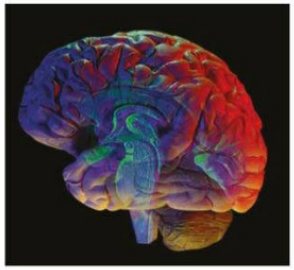
« Peut mieux faire » « médiocre » : tous ceux qui ont vu fleurir sur leurs carnets de notes de telles appréciations se souviennent encore du goût amer des maths… Pour certains, cela a été une vraie souffrance tandis que d'autres ont enfoui chiffres et raisonnements dans un coin secret de leur mémoire. Ceux qui font appel à Anne Siety, psychopédagogue des mathématiques, pourraient fondre en larmes spontanément à la vue d'une page d'équations. L'auteur nous livre ici avec humour et vivacité des analyses de cas précis. A travers les témoignages des enfants et parents, se dégage un sens nouveau pour les mots des maths : le statut de l'erreur, la valeur du résultat, l'expérience… et se profilent de nouvelles voies pour traverser sans encombre la nébuleuse mathématique. **A. Kh.**

Qui a peur des maths ? Anne Siety, Denoël, 254 p., 15 €

PHOVALOIRE/AFP

Neurosciences

Voyage au cœur du cerveau



SPL

Plastique, social, émotionnel : ce sont les trois nouvelles caractéristiques du cerveau humain, explorées par les neurosciences modernes. Cet ouvrage traite ces trois chapitres, nous invitant à un voyage en terre méconnue avec, à la barre du bateau, Patrice Van Eersel, journaliste, qui questionne cinq spécialistes parmi lesquels Boris Cyrulnik et Christophe André. Pour tout lecteur assidu de *Sciences et Avenir*, les idées ne sont pas entièrement nouvelles, mais on y apprend encore des choses surprenantes. Notamment comment le monde virtuel pourrait menacer nos cerveaux. Le « cybermonde » aurait, selon Boris Cyrulnik, des effets néfastes insoupçonnés. *« Plongé quotidiennement pendant des heures dans les filets de la Toile, le "cyber humain" ne traite plus ces milliers de micro-signaux infraverbaux que lui envoient ses congénères »*, écrit-il. Or ces micro-signaux, en permettant d'intégrer les rituels d'interactions émotionnels, sont indispensables pour apprendre les codes sociaux. Le neuropsychiatre révèle que ce nouvel univers façonné par nos machines induit une autre manière de faire fonctionner notre cerveau, *« nous allons donc assurément vers un remodelage complet de nos structures corticales »*.

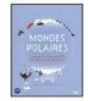
Pour lutter contre ces *« pollutions psychotoxiques »*, que sont le déferlement d'informations et d'images, le psychiatre Christophe André développe, lui, l'idée d'une nécessaire *« écologie psychologique »* qui passe, entre autres, par la pratique de la méditation, désormais admise à l'hôpital. Il rappelle que ces exercices d'entraînement à l'attention créent vraisemblablement de nouvelles connexions cérébrales qui peuvent *« vous servir ensuite d'outil de dérivation de la peur, de la tristesse, de la colère… »*. Un livre qui fait réfléchir. **Elena Sender**

Votre cerveau n'a pas fini de vous étonner, ouvrage collectif, Albin Michel, 230 p., 18€

Climatologie

Mondes polaires

Ouvrage collectif, Le Cherche-Midi/CNRS, 173 p., 24,90 €



Avec le réchauffement climatique, la fonte des banquises, des glaciers et des sols gelés bouleverse les écosystèmes, où les espèces endémiques entrent en compétition avec de nouvelles espèces migrantes ou apportées par l'homme.
Ce livre didactique, rédigé par près de 40 chercheurs du CNRS, fait le bilan des mutations en cours. Il fait aussi le point sur les moissons de découvertes réalisées dans ces zones mal connues. Ainsi l'océan Austral est-il devenu un vivier de nouvelles molécules, exploitées ensuite en médecine ou dans l'industrie, à l'instar de ces enzymes de poissons qui nous permettent de faire des lessives « à froid »… **S. R.**

Energie

La Troisième Révolution industrielle

Jeremy Rifkins, Les liens qui libèrent, 415 p., 24€

Le célèbre penseur et économiste signe là un livre pédagogique et éclairant sur la situation énergétique mondiale et explique combien il est urgent de s'engager dans le virage post-pétrole avec une vision globale. Il met en relation le mode de communication de chaque époque avec sa production d'énergie. Ni le pétrole ni le nucléaire, avec leurs ressources très centralisées, ne sont adaptés aux modes de communications d'aujourd'hui – faits de réseaux. Jeremy Rifkin propose une vision globale et un programme cohérent. Brillant. **A. Kh.**

Histoire

La France racontée par les archéologues

Cyril Marcigny, Gallimard, 222 p., 28 €

Des menhirs couchés de Belz (Bretagne) à la Dame de Villers-Carbonnel (Picardie) retrouvée sur le tracé du canal Seine-Nord Europe ; de la cavalerie fantôme de l'oppidum de Gondole (Auvergne) avec ses chevaux sacrifiés aux offrandes de malédiction du Man (des pratiques magiques antiques) ; du baptistère paléochrétien d'Ajaccio aux fosses des guerres de Vendée (1793), c'est une histoire de France écrite par le sol que nous dévoilent les archéologues de l'Institut national de recherches archéologiques préventives, dans cet ouvrage qui marque son dixième anniversaire. Une histoire qu'il serait grand temps de prendre en compte dans les livres de classe. **B. A.**

Tous publics ❖ Public motivé

Le coin jeunesse

Merveilles d'abeilles

Entrez dans la ruche, découvrez les secrets de la maison de cire, décachetez les alvéoles de miel operculé, apprenez à distinguer les cellules de mâles des cellules royales… Suivez ensuite les étapes de la croissance des butineuses, puis découvrez les dans leurs rôles de ménagère, de nourrice, de cirière, de ventileuse et de gardienne. C'est un plaisir de manipuler ce livre solide, joliment illustré et animé, documenté par les photos parfois saisissantes du naturaliste Paul Starosta. Des textes courts guident le jeune lecteur dans sa découverte. Il apprend ainsi qu'*« à peine née, la jeune reine part à la recherche des princesses encore enfermées dans leur cellule »*… Pour toutes les tuer, *« une à une, dans leur berceau, avec son dard »*. Le livre, qui n'aborde pas la disparition des pollinisatrices *(lire p. 8)*, est une invitation à l'émerveillement naturaliste. Dans la même collection, signalons *Le Loup, brigand des bois*, dont les textes et photos sont signés Diane et Nicolas Vanier. **R. M.**

ED. MILAN

L'Abeille, amie des fleurs, Paul Starosta et Maximiliano Luchini (illustrations), coll. « Doc'àpattes », Milan, 30 p., 10,90€

La sélection DVD

Virus mutant et panique mondiale

Contagion, Steven Soderbergh (Etats-Unis, 2011), DVD Warner

« Contagion » marque le retour du réalisateur américain Steven Soderbergh à la science-fiction, très attendu depuis sa magnifique adaptation du *Solaris* d'Andrei Tarkovski, en 2003. C'est l'histoire d'une pandémie planétaire qui se répand à la vitesse de la lumière. L'agent pathogène foudroyant (inspiré du virus Nipah, apparu en Malaisie à la fin des années 1990) se propage par simple contact, lors d'une poignée de main, *via* un journal… Les chercheurs tentent de décrypter le génome de ce virus qui mute sans cesse. Les groupes pharmaceutiques se livrent une bataille acharnée pour la mise au point du vaccin, les politiques sont désarmés, la panique se répand sur Internet. C'est finalement toute la société qui vacille, suspendue à un germe…

Afin d'apporter un maximum de crédibilité, le scénariste s'est entouré du Dr Ian Lipkin, directeur du Center for Infection and Immunity à la Columbia University, du Dr Larry Brilliant, spécialiste de médecine préventive, et de l'épidémiologiste Mark Smolinski. La réalisation est réaliste, presque clinique. Peut-être trop. A force de vouloir faire sobre et froid, Steven Soderbergh semble ne plus croire à son scénario. Le casting est prestigieux, constitué d'une pléiade d'acteurs oscarisés, mais pas toujours au service du film. Marion Cotillard, fascinante, est ainsi sous-employée. Jude Law se révèle peu crédible dans son rôle de blogueur sans scrupule. Seul Matt Damon s'en sort bien. Si *Contagion* est donc un film pas vraiment réussi, il faut cependant le voir urgemment, car la situation décrite peut fort bien se produire demain !

Yves Blanc

Another Earth

Mike Cahill (Etats-Unis, 2011), DVD Fox

La force d'*Another Earth* est d'avoir traité un événement majeur, l'apparition soudaine d'une planète jumelle de la Terre dans notre système solaire, au travers du destin chaotique de deux personnages, qui se télescope brutalement. Le film évoque *Melancholia*, débarrassé de la vacuité de la bourgeoisie de Lars von Trier. Œuvre forte, bouleversante, primée au festival de Sundance 2011 et lauréate du prix Sloan, décerné aux films traitant de questions scientifiques et technologiques. Un réalisateur à surveiller. **Y. B.**

La musique

La Guinéenne, Mory Kanté, CD Discograph

Le père de la pop africaine

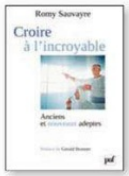
Mory Kanté a été le premier Africain à électriser la kora. Pour beaucoup, il reste l'auteur de *Yeke Yeke*, l'un des plus gros succès de l'histoire de la pop africaine qui, en 1987, sacrait Paris capitale mondiale de la musique. Après les jazzmen, après les Antillais, les musiciens africains déboulaient en force dans la capitale, squattaient les studios et commençaient à grimper dans les classements planétaires. Ce titre du virtuose de la kora a ouvert la voie à la sono mondiale, notamment à Salif Keita et Youssou N'Dour. Pourtant, Mory Kanté, chanteur de rock mandingue, n'a pas toujours été bien entouré. Il est ainsi réapparu en 2001 dans une pâle resucée vaguement *dance*.

Né en 1950 dans la région du Kissidougou en Guinée, griot, fils de griot et petit dernier d'une famille de 38 enfants, Mory Kanté est un véritable historien musical, dont les connexions familiales remontent aux premiers jours de l'empire Mandingue. Son nouvel album sonne comme les précédents, très pop africaine des années 1980 : cuivres retentissants, batterie proprette, le tout noyé dans la réverbération. On y découvre *Malibala*, un reggae trapu, massif et mélancolique. **Y. B.**

ENTRETIEN AVEC Romy Sauvayre

“L'adhésion à une secte se fait progressivement”

Avant de devenir inconditionnel d'un mouvement sectaire, chaque adepte passe par plusieurs stades, largement déterminés par une personne qui transmet la croyance, explique la sociologue.



Croire l'incroyable
PUF, 407 p., 27 €

Romy Sauvayre est docteur en sociologie. Dans le cadre de sa thèse sur les croyances invraisemblables, elle a rencontré une cinquantaine d'anciens adeptes ayant appartenu à des mouvements dont certains prônaient des pratiques extrêmes voire délictueuses.

Vous semblez dire que croyance et rationalité ne s'opposent pas vraiment. Qu'est-ce que croire alors ?
De mon point de vue, c'est adhérer à une proposition que l'on considère comme vraie. Celui-ci croit que Dieu existe, celui-là croit que l'astrologie peut prédire l'avenir ; même le scientifique adhère à une hypothèse qu'il considère comme vraie ou probablement vraie. Cette croyance définit pour chacun un cadre cognitif dans lequel nous allons raisonner de façon très rationnelle. Par exemple, une personne qui croit à la proposition *« les extraterrestres vont débarquer sur Terre à une date précise pour emporter quelques élus avant la destruction du monde »* trouvera une explication rationnelle, dans son cadre cognitif, pour expliquer pourquoi les extraterrestres ne sont pas venus à l'heure dite. *« Il y a eu un problème, ils viendront plus tard. »* Or, pour un observateur, ce démenti *« les extraterrestres ne sont pas venus »* devrait pousser l'adepte à renier sa croyance. Il y aurait là une preuve indiscutable qu'on lui avait raconté des histoires.

Et ce n'est pas le cas? Malgré le démenti, l'adepte adhère toujours à sa croyance ?
Oui, c'est ce qu'ont montré les Américains Leon Festinger, Henry Riecken et Stanley Schachter en 1956 en suivant un groupe de soucoupistes américains dont les adeptes ont essuyé trois démentis, trois rendez-vous manqués avec les extraterrestres, sans que cela ébranle leur conviction. Mieux, ils furent pris d'un regain de prosélytisme. Ils avaient une explication rationnelle : leurs prières avaient empêché la destruction de la Terre. Les extraterrestres n'avaient donc plus besoin de venir.

Comment ces personnes sont-elles amenées à adhérer à des propositions aussi invraisemblables ?
Le processus est progressif. Nous avons identifié cinq étapes qui vont de la non-adhésion à l'adhésion inconditionnelle. Certains adeptes vont franchir ces étapes une à une, d'autres vont en sauter certaines. Cela dépendra notamment de ce que nous appelons le « coapteur » c'est-à-dire celui qui va transmettre la croyance. Si c'est une personne de confiance qui prétend par exemple que cette méthode lui a permis de guérir du cancer, le futur adepte abaisse son scepticisme. Il sera tenté de tester la méthode. Si cette première expérience se révèle très positive, il va directement passer de l'état de sceptique à celui d'adepte convaincu. Certains mouvements marginaux proposent ainsi, au début, des cours de communication efficaces. Pour une personne introvertie, cela peut être une révélation. Elle aura passé peu de temps et dépensé peu d'argent pour un résultat spectaculaire. C'est ce que nous appelons une preuve expérientielle. Le futur adepte imagine alors un potentiel énorme qui se présente à lui. Cela colore positivement l'ensemble des propositions du mouvement.

Combien de temps peut durer cette période d'adhésion inconditionnelle ?
Deux ans, pour des adeptes qui restent environ huit ans dans le même groupe selon notre étude. Après ces deux années, la croyance s'effrite en raison d'une succession de démentis, en contradiction avec cette croyance. Mais celle-ci peut être restaurée par de petites touches, une marque d'intérêt de la part du fondateur du mouvement, une promotion, des signes d'attention de la part des autres membres. En revanche, quand commencent à apparaître des contradictions qui touchent aux valeurs profondes de la personne, c'est le début de la fin. Ces contradictions « axiologiques » vont faire s'effondrer les croyances, par exemple quand l'adepte constate un écart important entre la doctrine et le comportement du fondateur.

Que se passe-t-il alors dans la tête de l'adepte ?
Les doutes se multiplient. Il va se rappeler des contradictions qu'il avait relevées dans le passé et va les mettre bout à bout. Il va progressivement remettre en question le mouvement, ses membres, la doctrine, son fondateur. Il rompt. Cette rupture est à la fois progressive et soudaine. Certains quittent le groupe et abandonnent définitivement ses croyances. Mais pour d'autres, persistent des croyances résiduelles qui seront le support d'une adhésion à un autre mouvement.

Propos recueillis par Olivier Hertel

www.volkswagen.fr

Volkswagen Group France s.a. - R.C. Soissons B 602 025 538

Le cabriolet dont vous avez toujours rêvé.

Retrouvez le plaisir de conduire à l'air libre avec la Nouvelle Golf Cabriolet, dotée d'un toit souple ouvrable en 9 secondes seulement et ce, en roulant jusqu'à 30 km/h. Elle vous séduira aussi par ses 4 vraies places, son niveau de performance, de qualité et de finition. En bref, retrouvez tout l'esprit du cabriolet dans une Golf, pour partir sillonner les routes ensoleillées…

Nouvelle Golf Cabriolet. La Golf parmi les cabriolets.

A partir de **20 890 €***
SOUS CONDITION DE REPRISE

Das Auto.

Volkswagen recommande **Castrol EDGE Professional**

Cycles mixtes gamme Golf Cabriolet (l/100 km) : 4,8 à 7,7. Rejets de CO_2 (g/km) : 125 à 180. * Prix TTC conseillé au tarif du 01/03/12 (inchangé au tarif du 26/04/12) de Golf Cabriolet 1.2 TSI 105, prime à la casse VW Think Blue. de 1 500 € TTC (sur Golf Cabriolet neuve) pour mise au rebut dans la filière de valorisation agréée Volkswagen Group France d'un véhicule de plus de 10 ans et remise exceptionnelle VW de 2 000 € TTC déduites. Offre valable pour toute commande du 01/03/12 au 31/05/12. Offres réservées aux particuliers non cumulables avec toute autre offre en cours en France métropolitaine dans le réseau participant. **Modèle présenté :** Golf Cabriolet 'Carat' 1.2 TSI 105 avec options peinture métallisée (570 € TTC) au prix TTC conseillé au tarif du 01/03/12 de **23 410 € TTC** pour toute commande du 01/03/2012 au 25/04/2012. A compter du 26/04/12 prix conseillé **23 430 € TTC**, peinture métallisée (570 € TTC) pour toute commande du 26/04/2012 au 31/05/2012. Prime à la casse et remise déduites. **Cycle mixte (l/100 km) : 5,9. Rejets de CO_2 (g/km) : 139. Think Blue. : Pensez en Bleu. Das Auto. : La Voiture.**